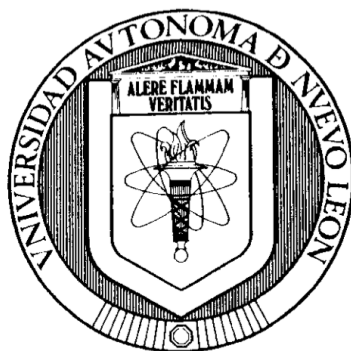


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



**PENDIENTE DE RECUPERACIÓN DE LA  
VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN  
JUGADORES ÉLITE DE BÁDMINTON**

Por  
**MARIELA FLORES CRUZ**

PRODUCTO INTEGRADOR

**TESINA**

Como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE  
CON ORIENTACIÓN EN ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO**

Nuevo León, Julio 2020

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

Los miembros del Comité de Titulación de la Maestría en Actividad Física y Deporte integrado por la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que el Producto Integrador en modalidad de Tesina titulado “Pendiente de recuperación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en jugadores élite de bádminton” realizado por la Lic. Mariela Flores Cruz, sea aceptado para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento Deportivo.

**COMITÉ DE TITULACIÓN**



---

Dra. Marina Medina Corrales  
Asesor Principal



---

Dr. Alberto Garrido Esquivel  
Co-asesor

---

Dr. José Naranjo Orellana  
Co-asesor



---

Dra. Blanca R. Rangel Colmenero  
Subdirección de Estudios de Posgrado e  
Investigación de la FOD

Nuevo León, julio 2020

## **DEDICATORIA**

A mis padres, hermanos y abuelos, por la confianza y apoyo incondicional brindado durante todo el proceso de formación.

Para Adriana, por todo lo que has hecho para que pueda cumplir este objetivo, por siempre estar presente, en los buenos y malos momentos. Te amo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado para la realización de los estudios de la Maestría en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento.

A la Dra. Marina Medina, al Dr. Alberto Garrido y al Dr. José Naranjo por la asesoría y dedicación en la realización de este proyecto de investigación.

A los entrenadores, preparadores físicos y atletas involucrados en el estudio, por permitirme la realización del mismo.

A todo el personal administrativo y docente de la Facultad de Organización Deportiva por toda la enseñanza y apoyo durante este proceso.

## **FICHA DESCRIPTIVA**

**Universidad Autónoma de Nuevo León**

**Facultad de Organización Deportiva**

**Fecha de Graduación: julio 2020**

**NOMBRE DEL ALUMNO(A): MARIELA FLORES CRUZ**

**Título del Producto Integrador: Pendiente de recuperación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en jugadores élite de bádminton.**

**Número de Páginas: 58**

**Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento Deportivo**

### **Resumen del reporte de tesina:**

El presente estudio se realizó con la finalidad de analizar el comportamiento de la pendiente de recuperación (RMSSD-Slope) como indicador individual de carga interna en jugadores élite de bádminton. Formaron parte de este estudio dos jugadores de bádminton de elite (una mujer y un hombre) clasificados para participar en los XVIII Juegos Panamericanos 2019, a los que se les realizaron registros pre-entrenamiento y post-entrenamiento de intervalos RR durante 5 minutos en posición de sentado y registro de volumen, intensidad, carga total de entrenamiento (CTE) y escala de Borg 1-10 durante las sesiones de entrenamiento. Se determinó la relación lineal entre RMSSD-Slope, RMSSD5 e índice de estrés (SS) con las variables volumen, intensidad y CTE. Lo mismo se realizó entre el SS y la RMSSD-Slope. Donde se observó que no existe una buena relación lineal entre las variables. La RMSSD-Slope y el SS expresan la carga interna de entrenamiento de forma inversa. La RMSSD-Slope al no presentar una relación directa con factores de carga externa de entrenamiento podrían ser una buena herramienta de control sobre la respuesta individual de los atletas resultando ser un método práctico, no invasivo y de manejo sencillo.

**FIRMA DEL ASESOR PRINCIPAL:**



---

## Índice

Introducción .....	1
Planteamiento del problema .....	2
Justificación .....	2
Objetivos.....	3
Hipótesis .....	3
Marco Teórico .....	4
Bádminton .....	4
Características .....	4
Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca.....	5
¿Qué es? .....	5
Fundamentos Fisiológicos. ....	6
Métodos de evaluación. ....	10
Métodos Lineales. ....	11
Gráfico de dispersión de Poincaré .....	15
Carga interna de entrenamiento .....	16
¿Qué es? .....	16
Métodos de evaluación .....	17
Estudios relacionados .....	21
Metodología .....	25
Diseño .....	25
Población y Muestra .....	25
Criterios de inclusión.....	25
Criterios de exclusión .....	25

Criterios de eliminación.....	26
Variables .....	26
Consideraciones éticas.....	26
Instrumentos .....	27
Procedimientos .....	27
Análisis de variabilidad de la frecuencia cardiaca .....	29
Análisis estadístico .....	29
Resultados .....	31
Discusiones.....	39
Conclusiones .....	42
Referencias .....	43
Anexos.....	53
Anexo 1. Consentimiento informado para participar en un estudio de investigación.....	53
Anexo 2. Cuestionario de historial médico .....	56
Anexo 3. Ficha de control del sujeto .....	58
Evaluación de la práctica.....	59
Resumen Autobiográfico.....	61

## Lista de figuras

Figura 1. Nomograma de RMSSD-Slope. Tomado de Naranjo-Orellana et al. (2019). .....20

Figura 2. Relación lineal de los valores de la pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR en ms (RMSSD-Slope) con volumen de las sesiones expresado en minutos (A y B); intensidad expresada en porcentaje (C y D); carga total de entrenamiento (CTE) (E y F). .....34

Figura 3. Relación lineal de los valores de la raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR en ms, registrados durante 5 minutos (RMSSD5) post-entrenamiento con volumen de las sesiones expresado en minutos (A y B); intensidad expresada en porcentajes (C y D); carga total de entrenamiento (CTE) (E y F). .....35

Figura 4. Relación lineal de los valores índice de estrés (SS) post-entrenamiento con volumen expresado en minutos (A y B); intensidad expresada en porcentaje (C y D); carga total de entrenamiento (CTE) (E y F). .....36

Figura 5. Relación potencial de los valores del índice de estrés (SS) post-entrenamiento con los valores de la pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR en ms (RMSSD-Slope). .....37

Figura 6. Valores de la raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR en ms, registrados durante 5 minutos (RMSSD5) post-entrenamiento en referencia a la media y desviación estándar (DE) de los datos obtenidos de esta variable en los registros de reposo pre-entrenamiento (A y B). valores del índice de estrés (SS) post-entrenamiento en referencia a la media y DE de los datos obtenidos de esta variable en los registros de reposo pre-entrenamiento. (C y D).38



## Lista de tablas

Tabla1 Percentiles en hombres deportistas y activos en el dominio de tiempo. ..	13
Tabla 2 Percentiles en mujeres deportistas y activos en el dominio de tiempo. .	13
Tabla 3 Percentiles en hombres deportistas y activos en el diagrama de dispersión de Poincaré. ....	15
Tabla 4 Percentiles en mujeres deportistas y activos en el diagrama de dispersión de Poincaré. ....	16
Tabla 5 Escala de percepción del esfuerzo de Borg. ....	18
Tabla 6 Escala de percepción del esfuerzo modificada. ....	19
Tabla 7 Características individuales por atleta. ....	25
Tabla 8 Registro de variables en sesiones de entrenamiento. ....	29
Tabla 9 Registro reposo (pre-entrenamiento) Sujeto 1(Mujer). ....	31
Tabla 10 Registro reposo (pre-entrenamiento) Sujeto 2 (Hombre). ....	31
Tabla 11 Registro post-entrenamiento. Sujeto 1(Mujer). ....	32
Tabla 12 Registro post-entrenamiento. Sujeto 2 (Hombre). ....	33

## **Introducción**

La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) es una herramienta que desarrolla un papel como indicador del nivel de salud cardiovascular, por lo que permite realizar de manera no invasiva un análisis de la actividad del sistema nervioso autónomo (SNA) (Task Force, 1996), ya que al aumentar la actividad del sistema nervioso simpático, se produce un descenso de la VFC; por otro lado, cuando la actividad del sistema nervioso parasimpático es la que predomina, la VFC aumenta (Pumprla, Howorka, Groves, Chester, & Nolan, 2002). De esta manera una VFC alta sugiere un buen funcionamiento y adaptabilidad del SNA (De la Cruz-Torres, López-López, & Naranjo-Orellana, 2008).

El comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca se exploró por primera vez por Horn & Lee en 1965 al realizar un estudio donde se observaba el sufrimiento fetal, pero fue hasta finales de los años 80 cuando se comenzó a valorar la importancia de la VFC a nivel clínico ya que se validó como un fuerte predictor de mortandad posterior a presentarse un infarto agudo de miocardio (Gallo Villegas, Farbiarz Farbiarz, & Alvarez Montoya, 1999).

En la esfera de la fisiología y de la medicina del deporte, el estudio de la VFC ha resultado una herramienta muy conveniente para efectuar un rastreo adecuado de los deportistas, ya que permite monitorizar la correcta o incorrecta adaptación a las cargas de entrenamiento deportivo, facilitando el control del equilibrio entre rendimiento deportivo, entrenamiento y salud (Melanson & Freedson, 2001; Tulppo et al., 2003; Capdevila et al., 2008).

Los métodos que se utilizan para la cuantificación de VFC pueden ser lineales y no lineales. Dentro de los métodos lineales, en el dominio del tiempo, se encuentra la RMSSD, que es la raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR. Esta medida es la más utilizada en el campo del deporte como indicador de la influencia parasimpática en el corazón (Buchheit, 2014). Se considera una medida de la variabilidad latido a latido y se puede utilizar como una medida de la variabilidad a corto plazo (Task Force, 1996).

En jugadores de bádminton, existen algunos estudios sobre la conducta de la VFC (Garrido-Esquivel, De la Cruz-Torees, Medina-Corrales, Garrido-Salazar, & Naranjo-Orellana, 2009; Bisschoff, Coetzee, & Esco, 2018). Sin embargo, no hay estudios realizados a jugadores de bádminton que analicen la carga interna de entrenamiento (CIE) a partir de la VFC.

### **Planteamiento del problema**

Tradicionalmente la CIE de la sesión de entrenamiento se ha estimado con escalas subjetivas de percepción del esfuerzo (sRPE) (Foster, Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome, 1998) y por el impulso de entrenamiento (TRIMP) (Banister & Calvert, 1980). En 2019 Naranjo-Orellana, Nieto-Jiménez, & Ruso-Álvarez, 2019 diseñaron un estudio en el que se propone el uso de la pendiente de recuperación de la RMSSD (RMSSD slope) en los primeros 30 minutos posteriores a la actividad como indicador de carga interna (Naranjo-Orellana et al., 2019). Para comprobar la utilidad de esta medida, los mismos autores realizaron mediciones retrospectivas de RMSSD-Slope en diferentes deportistas y en diferentes situaciones (Ruso-Álvarez, Nieto-Jiménez, Muñoz-López, & Naranjo-Orellana, 2019).

Esta nueva propuesta sugiere un mejor entendimiento sobre la respuesta interna individual ante los estímulos de entrenamiento por lo que surge la siguiente pregunta ¿Cómo se comportará la carga interna de entrenamiento en jugadores de bádminton valorada a partir de la variabilidad de la frecuencia cardiaca?

### **Justificación**

La realización de la presente investigación es de interés de los entrenadores y preparadores físicos por lo que existe disponibilidad por parte de ellos para la realización de la intervención, además de contar con el apoyo y colaboración de los atletas al tratarse de un estudio no invasivo. Por otro lado, se cuenta con los recursos materiales necesarios para realizar las valoraciones planteadas.

Esta investigación pretende aportar a los entrenadores información útil y más certera sobre la respuesta individual de los atletas de la carga interna de entrenamiento durante las sesiones, optimizando de esta manera el proceso de planificación.

## **Objetivos**

El objetivo de este estudio es:

1. Analizar el comportamiento de la pendiente de recuperación (RMSSD-Slope) como indicador individual de carga interna en jugadores elite de bádminton.

Para responder dichos objetivos se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Valorar el equilibrio del sistema nervioso autónomo previo al entrenamiento.
2. Registrar la cuantificación de la carga interna durante el entrenamiento, determinando el volumen, intensidad, carga total de entrenamiento y escala de Borg.
3. Calcular la carga interna del entrenamiento mediante la RMSSD-Slope, escala de Borg, stress score y ratio s/ps.
4. Determinar la relación de la carga externa de entrenamiento y la carga interna individual de los atletas.

## **Hipótesis**

La hipótesis establece que el comportamiento de la RMSSD-Slope no presentará una relación directa con factores de carga externa de entrenamiento tales como intensidad y volumen.

## **Marco Teórico**

### **Bádminton**

#### **Características**

El bádminton es un deporte de raqueta que cuenta con cinco modalidades, entre los que encontramos la modalidad individual tanto de mujeres y hombres, dobles de mujeres y hombres y el dobles mixto. Este deporte difiere de otros de los catalogados como de raqueta ya que no se utiliza una pelota como implemento, sino que se juega con proyectil al cual se le denomina volante, su característica principal es que se trata de una semiesfera rodeada en su base por plumas (Garrido-Esquivel, 2009)

Los torneos de bádminton por lo general se llevan a cabo en un periodo de 4 a 5 días en los que se disputan diversos encuentros (Phomsoupha & Laffaye, 2015) los cuales se extienden a un aproximado de 30 minutos de juego que se identifica por la ejecución de esfuerzos de intervalos moderados y de alta intensidad (Abián, 2015), que tienen lugar en distancias cortas y movimientos repetitivos (Abian-Vicen et al., 2014) .

Durante un encuentro de bádminton se llevan a cabo entre 92 y 119 jugadas, con una duración aproximada de la jugada de entre 3 a 15 segundos, con pausas de entre 6 a 15 segundos. Estas medidas temporales permiten reconocer el nivel de fatiga que se va acumulando a lo largo de la duración del partido (Abián, 2015).

El bádminton se caracteriza por ser un deporte donde se aprecia una amplia variedad de movimientos, así como de desplazamientos y diferentes técnicas de golpeos al volante, donde se pueden observar en los partidos un gran número de acciones técnicas y por lo tanto el atleta debe tener una respuesta rápida al momento de tomar decisiones entre una acción y la siguiente, lo que provoca que la frecuencia entre un golpeo y otro sea uno por segundo (Abian, Castanedo, Abian, & Sampedro, 2013). Este deporte se considera el más rápido de raqueta en el mundo, ya que exige rapidez en los movimientos, precisión espacial y temporal en la posición de la raqueta para realizar el golpeo, por lo que también implica la utilización de la mayor parte del cuerpo (Bankosz, Nawara, & Ociepa, 2013).

La decisión de incluir al deporte en los juegos olímpicos de 1992 celebrados en Barcelona aumento el interés y la participación tanto en su audiencia como en su práctica a nivel mundial, por lo que actualmente con 200 millones de jugadores, es uno de los deportes más populares del mundo, (Phomsoupha & Laffaye, 2015). Este es un deporte cuyas características permiten que pueda ser practicado por cualquier persona independientemente de su edad, género o experiencia, además de ser de muy fácil acceso (Bankosz et al., 2013).

## **Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca**

### **¿Qué es?**

Para evaluar, predecir y mejorar el rendimiento de los deportistas y de esta manera evitar el sobreentrenamiento, es necesario que el atleta logre adaptaciones fisiológicas las cuales se adquieren con la combinación correcta del entrenamiento y del descanso (Sarabia-Cachadiña, De-la-Cruz-Torres, & Naranjo-Orellana, 2012).

Los avances tecnológicos han permitido optimizar el estudio de la frecuencia cardiaca, demostrando que no hay constancia de los intervalos entre latidos, lo cual se ha interpretado como equivalente de salud, este fenómeno o características es conocido como variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) (Moreno Sánchez, Parrado Romero, & Capdevila Ortís, 2013).

Por lo tanto, podemos definir a la VFC como la variación que ocurre en el intervalo de tiempo, entre dos latidos cardiacos consecutivos el cual permite conocer la actividad del sistema nervioso autónomo (De la Cruz-Torres & Sarabia-Cachadiña, 2013).

Estudiar la VFC se ha convertido en un procedimiento de gran impacto para la valoración de función autónoma ya que es de carácter económico y no invasivo. Esta permite conocer el equilibrio que existe entre la actividad del sistema nervioso simpático y parasimpático en el control del ritmo cardiaco (Sarabia-Cachadiña et al., 2012).

La variabilidad latido a latido es definida por el resultado de la modulación del SNA que se presenta en el ritmo cardiaco dando contestación a vacilaciones

hemodinámicas entre otras alteraciones fisiológicas (García-Gómez, López-Jaramillo, & Tomaz, 2007).

Una VFC degradada es consecuencia de una respuesta parasimpática baja o en otras palabras en una elevada actividad simpática; es por esto que los sujetos sanos presentan una elevada variabilidad de la frecuencia cardiaca, mientras que, por otro lado, esta se encuentra disminuida en personas que presentan enfermedad coronaria, infarto agudo al miocardio o insuficiencia cardiaca. Cabe mencionar que las diversificaciones en la VFC también se pueden presentar por otros factores de carácter tanto fisiológicos como farmacológicos (De la Cruz-Torres & Sarabia-Cachadiña, 2013).

Entre los factores fisiológicos se encuentran la edad del sujeto, el género, índice de masa corporal, la calidad y cantidad de sueño, además del nivel de actividad física que realiza, (Ortigosa, Reigal, Carranque, & Hernández-Mendo, 2018), tiempo transcurrido de la última comida antes de la medición (mínimo 2 horas) e ingesta de sustancias estimulantes (De la Cruz-Torres & Sarabia-Cachadiña, 2013), entre otros. En el caso de los factores farmacológicos, diversos medicamentos producen alteraciones en la labor del sistema nervioso autónomo y por lo tanto en la variabilidad de la frecuencia cardiaca (Ortigosa et al., 2018).

### **Fundamentos Fisiológicos.**

Pichot et al. (2000) mencionan que “las variaciones en la frecuencia cardiaca media...observados durante los cambios en el rendimiento han sugerido una fuerte interacción con el sistema nervioso autónomo” (SNA).

Para Capdevila et al. (2008) “La VFC se ha propuesto como indicador de funcionamiento cardiovascular normal y patológico sobre el sistema nervioso autónomo.”

Se puede aseverar que cuando se presenta un aumento de la actividad simpática se produce un descenso de la VFC, mientras que, cuando impera la actividad parasimpática aumenta la VFC, por esta razón, si se presenta una VFC alta indica un buen funcionamiento y adaptabilidad de SNA, lo cual se puede considerar como un estado saludable, por otro lado, un indicador de mala salud es cuando se presenta una VFC baja

la cual representa o puede ser interpretada como un funcionamiento anormal o una adaptabilidad insuficiente del SNA (De la Cruz-Torres & Sarabia-Cachadiña, 2013).

“Se ha demostrado que la recuperación de la frecuencia cardíaca después del ejercicio tiene importancia pronóstica y se ha postulado que está relacionada con la recuperación anormal del tono parasimpático” (Goldberger et al., 2006). Pichot et al. (2000) mencionan que hasta 24 horas después de finalizar una actividad física aún se pueden identificar las disminuciones a corto plazo en la variabilidad de la frecuencia cardíaca.

El estado del sistema nervioso autónomo tiene un papel significativo en la respuesta al entrenamiento ya que la salida vagal cardíaca más alta de la VFC antes del período de entrenamiento, se relaciona con un aumento en el consumo máximo de oxígeno (Kiviniemi, Hautala, Kinnunen, & Tulppo, 2007).

### ***Sistema Nervioso Autónomo.***

El sistema nervioso autónomo se encarga de controlar las funciones de diversos órganos y tejidos del cuerpo, entre ellos, se encuentra el musculo cardíaco que, junto con el sistema endocrino, quien se encarga de la segregación de hormonas, son los responsables de generar los ajustes necesarios para que el medio interno del organismo sea óptimo (Snell, 2007). Martinmäki & Rusko (2008) mencionan que el sistema nervioso autónomo se encarga de regular la función cardiovascular con el fin de cumplir con las demandas metabólicas requeridas durante el trabajo muscular.

El sistema nervioso autónomo se encuentra dividido en dos ramas, el sistema nervioso simpático (SNS) y el sistema nervioso parasimpático (SNP) (Tarvainen, Niskanen, Lipponen, Ranta-Aho, & Karjalainen, 2014), esta división se hace por las diferencias anatómicas, en los neurotransmisores y de los efectos fisiológicos que se presentan, ya que producen efectos opuestos por lo que se consideran antagonistas fisiológicos, pero a pesar de estas diferencias, las dos divisiones trabajan en conjunto para buscar un equilibrio en las acciones que realizan con el fin de mantener un medio interno estable (Snell, 2007).



El SNA con sus componentes inerva en glándulas endocrinas y exocrinas además del músculo liso de todos los órganos con lo que se encarga de controlar “la respiración, la circulación, la digestión, el metabolismo, la secreción glandular, la temperatura corporal, la reproducción y, además, coordina todas estas funciones vitales para mantener la homeostasis” (Navarro, 2002) además de que controla diversas funciones del músculo cardíaco (García-González, Fernández-Chimeno, Capdevila, Parrado, & Ramos-Castro, 2013).

Las fracciones simpáticas y parasimpáticas del SNA se integran y regulan por una red neuronal que consta de conexiones recíprocas en agrupaciones neuronales que están localizadas en el hipotálamo, amígdala y cerebro. En el caso del hipotálamo la función simpática está regulada principalmente por la región posterior y lateral, mientras que las respuestas parasimpáticas son controladas por la región anterior (Navarro, 2002).

El SNA se inerva tanto con el SNS como el SNP en un gran número de vísceras, presentándose efectos opuestos en cada órgano ya que participan conjuntamente en el control, algunas de las excepciones que se pueden mencionar son las glándulas sudoríparas o vasos sanguíneos que solamente se inervan con uno de los sistemas. Tiene la capacidad de adaptarse a cambios corporales y controla de manera continua los ciclos vitales del ser humano, lo cual ocurre cuando el organismo se encuentra en reposo o en actividad. Los cambios que se producen gracias al SNA pueden ocurrir en cuestión de segundos como el aumento considerable de la frecuencia cardíaca, presión arterial o incrementar sudoración excesiva (Navarro, 2002)

El incremento de la frecuencia cardíaca así como la disminución que se presenta inmediatamente después de finalizada la actividad durante la actividad física es regulada por el SNA (Daanen, Lamberts, Kallen, Jin, & Van Meeteren, 2012).

### ***Sistema Nervioso Simpático.***

El sistema nervioso simpático es el segmento de mayor prominencia del SNA y se distribuye ampliamente a través del cuerpo e inerva tanto en el corazón como en los pulmones, cuya función es la de preparar al organismo para actuar ante una emergencia momento en el que, los nervios simpáticos comienzan a ejecutar diferentes acciones como

dilatar las pupilas, inhibir el músculo liso de bronquios e intestino, se produce sudoración, piloerección y elevar la frecuencia cardíaca. (Snell, 2007).

Al estimularse la función simpática se producen cambios en las reacciones viscerales que se encargan de proteger la integridad del cuerpo para así buscar la supervivencia. Estos cambios o variaciones que se producen se conocen como respuesta de alarma los cuales son una activación a gran escala del sistema nervioso simpático (Navarro, 2002).

El sistema nervioso simpático es altamente asociado con la capacidad de respuesta que tiene el organismo (Luft, Takase, & Darby, 2009) en donde se presentan cambios internos como el aumento de la frecuencia cardíaca y, en consecuencia, la variabilidad de la frecuencia cardíaca se ve disminuida (Tarvainen et al., 2014).

Al estimular la actividad del SNS se presentan diversas respuestas fisiológicas, algunos de estos ejemplos son los siguientes: se encarga de dilatar las pupilas con el fin de acrecentar el campo visual del individuo, piloerección como respuesta primitiva para aparentar un mayor tamaño, sudoración cuya función es la termorregulación del organismo, elevación de la frecuencia cardíaca para suministrar un mayor flujo sanguíneo a los músculos, broncodilatación, para incrementar la oxigenación pulmonar, entre otras (Navarro, 2002).

Naranjo-Orellana (2018) menciona que el SNS aumenta la frecuencia cardíaca media reduciendo la variabilidad de la misma, cuya operación es ejecutada al liberarse Adrenalina y Noradrenalina.

Cuando el SNS predomina y por lo tanto la VFC es alta es resultado de una adaptabilidad pobre del SNA y el sujeto con estas características es mas susceptible a presentar enfermedad cardiovascular, envejecimiento y mayor estrés (Naranjo-Orellana, 2018).

### ***Sistema Nervioso Parasimpático.***

La función del sistema nervioso parasimpático es principalmente de conservar y proteger al organismo lo cual favorece al buen funcionamiento de órganos viscerales. Estas funciones no trabajan simultáneamente en situaciones normales, sino que colaboran

en reflejos o reacciones concretas para promover una función visceral específica. Algunos ejemplos de las respuestas parasimpáticas que se presentan en el organismo son los siguiente: constricción pupilar para proteger al ojo de una iluminación excesiva, disminuye la frecuencia cardíaca, ayuda a la digestión aumentando las secreciones digestivas, entre otras (Navarro, 2002).

El SNP y su actividad al ser el principal responsable de dirigir al organismo a un estado de reposo cuando se finaliza una actividad física (McDonald, Grote, & Shoepe, 2014) se ha visto fuertemente asociado con el funcionamiento vagal (Blood, y otros, 2015).

Estas respuestas están mediadas por procesos que comienzan al liberarse Acetil Colina, por lo que los receptores conducen potasio a la membrana celular con lo que los canales se abren aumentando la permeabilidad de los mismos, cuyo resultado final es una despolarización diastólica más lenta (Naranjo-Orellana, 2018).

Posterior a un entrenamiento aeróbico intenso, y cuando la homeostasis del SNA se ha alterado comienza a predominar la actividad parasimpática debido al aumento de la actividad vagal lo que provoca una disminución de la FC y un aumento de la VFC (Hautala et al., 2009). Los sujetos sanos se identifica un predominio parasimpático y una alta VFC, lo que demuestra mejor adaptabilidad del SNA (Naranjo-Orellana, 2018).

Lucini et al., (2014) mencionan que, a mayor carga de ejercicio y progresión de este, existen cambios en la VFC lo que indica una adaptación al entrenamiento.

### **Métodos de evaluación.**

La cuantificación de VFC implica varios pasos o varios cálculos; los cuales se pueden abordar desde diferentes metodologías que a su vez tienen múltiples variaciones. Estas diferenciaciones se presentan desde el tiempo de recolección de datos hasta la recopilación de datos y la eliminación (corrección señal y latidos no sinusales), en el que a menudo se aplica un algoritmo de tendencia para minimizar los aspectos no estacionarios de la señal de FC (Michael, Graham, & Davis, 2017).

Después del proceso de recolección de datos, la corrección y la disminución de tendencias (Michael et al., 2017), se puede optar por diferentes métodos para la evaluación

de las variaciones que presenta la frecuencia cardiaca. Posiblemente las medidas del dominio del tiempo son los mas sencillos para la realización de estas valoraciones (Task Force, 1996) de igual forma podemos utilizar el de dominio de frecuencia (Michael et al., 2017).

Los adelantos que ha sufrido la tecnología han permitido pasar de los registros de electrocardiogramas (ECG) en laboratorio, hasta llegar a la utilización de una alternativa válida para evaluar la VFC en situaciones de campo a través de monitores inalámbricos como los pulsómetros. La principal medición en la VFC es el tiempo en milisegundos entre los picos R de dos latidos conocido como tiempo RR ó intervalo NN (normal-normal) (Garrido-Esquivel, 2009).

Para los entrenadores y atletas la VFC es de gran utilidad ya que su metodología resulta sencilla además de ser fácil al momento de su interpretación cuyos resultados son fiables. En cuanto a los métodos más utilizados dentro del ámbito deportivo, generalmente son los métodos lineales como dominio de tiempo y frecuencia. A diferencia de los métodos no lineales que no han sido tan utilizados (De la Cruz-Torres & Sarabia-Cachadiña, 2013).

### **Métodos Lineales.**

Estos métodos son los más sencillos pues se centran en la medición de los intervalos RR y de la señal de la frecuencia cardiaca instantánea (Naranjo-Orellana, 2018).

### ***Dominio de Tiempo.***

De la Cruz-Torres & Sarabia-Cachadiña (2013) mencionan que en este método se determina la FC en cualquier instante o bien los intervalos entre complejos normales sucesivos. Se detecta cada complejo QRS que es la expresión de la excitación del miocardio ventricular (Hamm & Willems, 2010) y los llamados intervalos normal a normal (RR o NN), se determina la frecuencia cardíaca instantánea (De la Cruz-Torres & Sarabia-Cachadiña, 2013) y se aplican directamente a la serie de valores sucesivos de valores de RR (Task Force, 1996).

García-Gómez et al. (2007) mencionan que, para la obtención de las variables de la VFC con este método, generalmente se utilizan registros electrocardiográficos de

duración prolongada, de los cuales se obtienen datos estadísticos como son la media, varianza, desviación estándar de las ondas R de la señal del electrocardiograma.

Tarvainen et al. (2014) mencionan los tipos de mediciones que se emplean con este método, uno de ellos es la media de los intervalos RR el cual es un promedio de los intervalos RR, con el que podemos conocer de manera global la estimación de la VFC (Michael et al., 2017).

Dentro de estas variables también encontramos la desviación estándar de los intervalos RR normales a normales (SDRR o SDNN) (Tarvainen, et al., 2014; De la Cruz-Torres & Sarabia-Cachadiña, 2013) que permite conocer al igual que el indicador anterior, de manera global una estimación de la VFC (Michael et al., 2017). En otras palabras, refleja la variación general (tanto a corto como a largo plazo) dentro de la serie de intervalos RR (Tarvainen et al., 2014).

A la desviación estándar de las medias de los intervalos RR en todos los segmentos de 5 minutos del registro completo que es una estimación de los componentes de periodos largos de la VFC se le denomina SDARR o SDANN (Michael et al., 2017).

Otra de las variables que se pueden encontrar dentro de este método es el índice SDRR o SDNN el cual es el promedio de la desviación estándar de todos los intervalos RR que es “la desviación estándar de 5 minutos de intervalo RR calculado durante 24 h” (Task Force, 1996).

De igual manera encontramos a la RMSSD que se refiere a la raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR (Tarvainen et al., 2014) la cual se utiliza para observar la influencia parasimpática en el corazón. Se considera una medida de la variabilidad latido a latido (Michael et al., 2017), se puede utilizar como una medida de la variabilidad a corto plazo (Tarvainen et al., 2014).

Por último, se encuentra el pRR50 o pNN50 que se refiere al porcentaje del número de pares de intervalos NN que difieren en más de 50ms, el cual es utilizado para observar la influencia parasimpática en el corazón (Naranjo-Orellana, 2018; Michael et al., 2017).

La Task Force (1996) para las variables anteriores, definió estándares para interpretar el análisis de la VFC con fines médicos.

Sin embargo, estos parámetros resultan erróneos o no confiables al momento de evaluar a deportistas e incluso a personas activas, por lo que Medina Corrales et al., en 2012 propusieron otros valores mas acertados para esta población.

Tabla1

*Percentiles en hombres deportistas y activos en el dominio de tiempo.*

Dominio de tiempo		Percentiles						
		5	10	25	50	75	90	95
Media NN (ms)	Deportista	803.0	855.1	890.9	946.5	1106.1	1214.41	1246.4
	Activo	697.5	752.8	818.5	890.5	1016.2	1048.8	1094.8
SDNN (ms)	Deportista	52.27	55.54	73.31	97.50	114.24	157.74	182.33
	Activos	45.15	49.73	60.56	76.01	98.01	130.01	154.70
SDNN INDEx (ms)	Deportista	48.01	53.40	67.12	87.40	110.44	149.56	170.04
	Activo	36.98	43.64	55.66	69.17	85.61	119.30	140.49
SDAN N (ms)	Deportista	11.19	14.36	23.54	33.01	47.17	58.79	117.46
	Activo	13.53	14.50	20.37	29.88	43.34	54.31	74.36
rMSSD (ms)	Deportista	37.61	39.65	48.13	63.26	98.11	140.25	159.54
	Activo	24.00	31.74	34.94	44.01	64.85	105.60	132.55
pNN50 (%)	Deportista	7.25	7.64	10.98	19.58	25.38	27.93	29.11
	Activo	1.73	3.62	6.19	10.09	19.31	25.53	27.29

Tomado de Medina-Corrales et al. (2012).

Tabla 2

*Percentiles en mujeres deportistas y activos en el dominio de tiempo.*

Dominio de tiempo		Percentiles						
		5	10	25	50	75	90	95
Media NN (ms)	Deportista	790.1	831.3	833.6	971.8	1055.5	1156.7	1273.7
	Activo	9	3	5	5	4	2	0
		1	8	4	4		5	9
SDNN (ms)	Deportista	56.18	61.64	79.33	97.93	137.64	162.15	178.42
	Activo	38.09	40.56	52.80	68.67	86.46	103.37	130.12
SDNN INDEx (ms)	Deportista	51.70	56.08	75.92	86.40	118.59	140.72	150.81
	Activo	31.69	37.75	48.26	64.94	78.05	96.99	110.81
SDAN N (ms)	Deportista	15.51	17.78	20.85	32.15	55.89	72.30	76.72
	Activo	8.39	10.92	15.37	21.40	35.60	41.52	63.80

rMSSD	Deportista	38.73	46.53	62.12	80.68	109.21	141.23	188.01
(ms)	Activo	17.44	23.69	29.82	41.64	61.74	97.55	123.74
pNN50	Deportista	6.58	14.86	18.85	23.17	27.66	30.98	32.35
(%)	Activo	0.67	2.13	3.47	8.90	18.71	25.70	30.05

Tomado de Medina-Corrales et al. (2012).

### ***Dominio de Frecuencia.***

En los métodos de dominio de frecuencia, se calcula una estimación del espectro para la serie de intervalos RR (Tarvainen et al., 2014). El método de dominio de frecuencia representa las oscilaciones repetidas de la FC descomponiéndola en distintas frecuencias y amplitudes, con lo cual se puede obtener información acerca de la cantidad e intensidad en el ritmo sinusal del corazón (De la Cruz-Torres & Sarabia-Cachadiña, 2013). Se obtiene realizando un análisis espectral de los registros de largo o corto plazo utilizando métodos geométricos (García-Gómez et al., 2007).

Las estimaciones del espectro se dividen en banda de frecuencia ultra baja (UBF) o ultra low frequency (ULF):  $< 0,003$  Hz; banda de frecuencia muy baja (MBF) o very low frequency (VLF):  $0,003-0,04$  Hz; banda de baja frecuencia (BF) o low frequency (LF):  $0,04-0,15$  Hz (Tarvainen et al., 2014; De la Cruz-Torres & Sarabia-Cachadiña, 2013) el cual muestra la actividad simpática y parasimpática del organismo y banda de alta frecuencia (AF) o high frequency (HF):  $0,15-0,40$  Hz este componente indica la función cardíaca vagal (García-Gómez, et al., 2007).

En este análisis las variables que se utilizan mayormente son las de poder de baja frecuencia (LF:  $0,04-0,15$  Hz) y el de alta frecuencia (HF:  $0,15-0,4$  Hz) (García-Gómez, et al., 2007).

Existe una estrecha correlación entre los componentes la VFC y el SNA, por lo que la actividad vaga, la cual se refleja por el ritmo sinusal respiratorio, es el mayor contribuyente del componente de banda de alta frecuencia (De la Cruz-Torres & Sarabia-Cachadiña, 2013).

La variabilidad RR depende del equilibrio entre la actividad simpática y parasimpática el cual se encuentra reflejado en la ratio BF/AF ya que muestra el balance global simpático – vagal (De la Cruz-Torres & Sarabia-Cachadiña, 2013).

### Gráfico de dispersión de Poincaré

Para capturar totalmente las características de la variabilidad latido a latido se han aplicado diversos métodos no lineales (Tarvainen et al., 2014). Están determinados por interacciones complejas de hemodinámica, electrofisiológica y variables humorales, así como por regulaciones del SNA (Task Force, 1996).

Dentro de estos métodos se encuentra el gráfico de dispersión de Poincaré (Task Force, 1996) que es una representación gráfica del comportamiento dinámico de la señal cardiaca, el cual permite observar diferentes comportamientos de los intervalos RR en una situación de reposo. (Woo, Stevenson, Moser, Trelease, & Harper, 1992). La forma de la gráfica se cuantifica ajustando una elipse en los puntos de datos orientados a lo largo de la línea (Tarvainen et al., 2014).

El ancho y la longitud de la elipse se determinan por las desviaciones estándar de los puntos perpendiculares donde el eje transversal (SD1) refleja la actividad del sistema parasimpático y mide los intervalos RR a corto plazo mientras que el eje longitudinal (SD2) refleja los cambios a largo plazo de los intervalos RR (Tulppo, Makikallio, Takala, Seppanen, & Huikuri, 1996).

Medida-Corrales et al. (2012) propone también una tabla con valores porcentuales de VFC con parámetros del gráfico de Poincaré tanto en hombres como mujeres para poblaciones de sujetos sanos activos y deportistas.

Tabla 3

*Percentiles en hombres deportistas y activos en el diagrama de dispersión de Poincaré.*

Dispersión de Poincaré		Percentiles						
		5	10	25	50	75	90	95
SD1 (ms)	Deportista	28.97	31.65	37.28	47.40	71.75	100.36	114.45
	Activo	20.94	24.93	28.10	34.10	47.78	76.12	95.68
SD2 (ms)	Deportista	68.74	79.33	100.73	130.90	152.55	200.02	237.87
	Activo	61.33	67.11	83.38	103.15	129.68	171.89	197.84
Ratio	Deportista	1.75	1.77	2.09	2.43	2.85	3.37	3.51
SD2/SD1	Activo	1.89	2.11	2.27	2.61	3.43	3.81	4.15

Tomado de Medina-Corrales et al. (2012).



Tabla 4  
*Percentiles en mujeres deportistas y activos en el diagrama de dispersión de Poincaré.*

Dispersión de Poincaré		Percentiles						
		5	10	25	50	75	90	95
SD1 (ms)	Deportista	31.11	35.72	45.98	58.85	78.33	100.92	134.07
	Activo	18.43	20.17	24.90	32.70	43.20	70.32	88.27
SD2 (ms)	Deportista	73.97	78.79	101.73	130.15	181.55	221.41	245.94
	Activo	52.96	55.05	73.08	90.85	115.73	135.70	161.58
Ratio	Deportista	1.51	1.60	1.74	2.01	2.59	3.03	3.54
SD2/SD1	Activo	1.70	1.83	2.11	2.49	3.10	3.85	4.47

Tomado de Medina-Corrales et al. (2012).

Por otro lado, Naranjo-Orellana, De la Cruz-Torres, Sarabia-Cachadiña, De Hoyo, & Domínguez-Cobo (2015), propusieron dos nuevos índices para el mejor entendimiento y aprovechamiento de la información expresada en el gráfico de Poincaré. Se trata del Stress Score (SS) o índice de estrés, el cual es el resultado de dividir SD2 entre 1000 y la ratio simpático-parasimpático (S/PS), que se obtiene al dividir el SS y SD1. La finalidad del SS no es otra cosa que la de obtener un valor directamente proporcional a la actividad simpática sobre el nodo sinusal; por otro lado, la finalidad del S/PS es la de obtener una relación real entre la actividad simpática y parasimpática, lo cual nos proporcionará a través de la VFC, el comportamiento del balance autónomo.

### **Carga interna de entrenamiento**

#### **¿Qué es?**

La respuesta de entrenamiento en los atletas se relaciona generalmente al estímulo de la sesión al cual son sometidos, a través de toda la preparación y las diferentes fases. Es necesario programar el estímulo correcto ya que, si resulta ser muy poco, no se presentará efecto alguno, por otro lado, si se programa un entrenamiento exhaustivo, sin los descansos adecuados, puede resultar contraproducente e inducir a la fatiga acumulada. En cambio, una dosis adecuada a nivel individual generará un óptimo rendimiento en el atleta (Borresen & Lambert, 2009; Manzi, Iellamo, Impellizzeri, D'ottavi, & Castagna, 2009; Castagna, Impellizzeri, Chaouachi, Bordon, & Manzi, 2011; Buchheit, 2014).

La carga de entrenamiento puede clasificarse en externa y en interna; la primera se refiere a aspectos como el trabajo que se realiza en una sesión de entrenamiento, es decir el volumen, intensidad, aspectos mecánicos, entre otros; la carga interna tiene que ver directamente con la respuesta que tiene el organismo ante estos estímulos, estos valores se reflejan en el lactato en sangre, la frecuencia cardiaca, consumo de oxígeno, entre otros (Bourdon et al., 2017).

La carga interna se refiere a la forma en la que el deportista asimila la carga externa, por lo que la combinación de la carga interna y la externa da como resultado el rendimiento deportivo (Naranjo-Orellana, 2018), el aplicar una misma carga externa a diferentes atletas no siempre produce los mismos efectos sobre la interna ya que la carga interna depende del potencial deportivo individual (Bompa, 2016)

Así pues, se denomina carga interna a los cambios que se producen dentro del organismo, resultado del trabajo realizado durante las sesiones de entrenamiento. estas respuestas son totalmente independientes, por lo que cada deportista e incluso un mismo atleta responderá diferente, aunque se sometan a la misma carga externa (Naranjo-Orellana, 2018; Bompa, 2016; Ruso-Álvarez et al., 2019)

Controlar los factores internos como externos permite tanto a los entrenadores como a los atletas ajustar las cargas adecuadas para cada individuo y lograr una mejora en el entrenamiento (Mujika, 2017)

### **Métodos de evaluación**

Para conocer o ponderar la carga total de entrenamiento por lo general se utilizan tanto parámetros externos como la distancia, número de repeticiones, como parámetros internos, es decir, lactato en sangre, consumo de oxígeno, escalas de percepción, frecuencia cardiaca entre otros (Mujika, 2017). Estos valores forman parte de métodos que proporcionan información sobre la carga de entrenamiento; en la actualidad existen dos herramientas muy utilizadas para valorar la carga interna de entrenamiento, una de ellas es el impulso de entrenamiento propuesto por Banister y Hamilton en 1985 (McLaren et al., 2018) el cual consiste en utilizar los valores de la frecuencia cardiaca de reposo, la

frecuencia media y la máxima registrada durante la sesión de entrenamiento, haciendo un resumen global de la carga de la sesión (Naranjo-Orellana, 2018).

Otra herramienta comúnmente utilizada son los métodos basados en la percepción subjetiva del esfuerzo como la escala de Borg propuesta en 1962 o el propuesto por Foster en 2001 conocido como RPE (Haddad et al., 2017).

El método de Borg (1982) consiste en una escala simple para categorizar el esfuerzo, el objetivo principal de esta escala reside en ser una herramienta fácil de entender y utilizar para que cualquier persona se pueda familiarizar rápidamente a su uso y los atletas mediante expresión verbal puedan indicar al entrenador la intensidad individual que han percibido durante el entrenamiento o competencia.

Tabla 5  
*Escala de percepción del esfuerzo de Borg.*

Escala	Percepción
6	
7	Muy, muy ligero
8	
9	Muy ligero
10	
11	Moderado
12	
13	Algo duro
14	
15	Duro
16	
17	Muy duro
18	
19	Muy, muy duro
20	

Tomado de Borg (1982).

Por otra parte, esta escala ha sido modificada para un mejor entendimiento y manejo de la misma (Foster, y otros, 2001), la cual es utilizada por distintos autores (Naranjo-Orellana et al., 2019; Buchheit, 2014; Pérez, 2016)

Tabla 6  
*Escala de percepción del esfuerzo modificada.*

Escala	Percepción
0	Reposo
1	Muy, muy fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Algo duro
5	Duro
6	
7	Muy duro
8	
9	
10	Muy, muy duro

Tomado de Foster et al., (2001).

Estos métodos resultan útiles para los entrenadores que no buscan gran precisión en los resultados. Sin embargo, se trata de herramientas subjetivas por lo que los resultados dependerán de la familiaridad que tenga el atleta con el instrumento y con sus sensaciones internas (Naranjo-Orellana 2018).

### ***La VFC como medida de carga interna de entrenamiento***

La variabilidad de la frecuencia cardiaca es una herramienta no invasiva y de manejo sencillo ya que permite conocer las respuestas del sistema nervioso simpático y parasimpático (Ruso-Álvarez et al., 2019). Este metodo se considera como valido para evaluar la respuesta tanto individual como colectiva de los atletas ante el ejercicio (Fortes et al., 2019).

Existe bibliografía variada donde se analiza la VFC y su relación con las cargas de entrenamiento (Buchheit, 2014). Sin embargo, no existe una estandarización de los métodos empleados pues siempre varían entre estudios (Naranjo-Orellana, 2018).

Es por esto que (Naranjo-Orellana, et al., 2019) porponen la utilizacion de la RMSSD-Slope para valorar la carga interna de los atletas, dado que esta variable es la mas precisa para valorar la actividad parasimpática (Ruso-Álvarez et al., 2019).

Este método consiste en medir la RMSSD durante 5 minutos dentro de los primeros treinta minutos después de finalizada la sesión de entrenamiento, excluyendo los primeros 5 minutos. Para calcular la pendiente se utiliza la siguiente ecuación

$$\text{Slope} = (\text{RMSSD-rec.} - \text{RMSSD-exc.})/t$$

Donde RMSSD-rec. es el valor de la variable registrada en el periodo de recuperación; RMSSD-exc. Se refiere al valor de los últimos 5 minutos de la sesión de entrenamiento. Sin embargo, si esto último no fue registrado, los autores proponen utilizar un valor de 4 ms ya que es el valor promedio de la RMSSD observado (Goldberger, y otros, 2006; Naranjo-Orellana, et al., 2019).

Para la interpretación de la información obtenida, se propone un nomograma donde se presentan tres curvas de comportamiento exponencial que representan los valores medios de la pendiente a diferentes intensidades representada por la línea media, y las desviaciones estándar, representadas por la línea superior e inferior (Naranjo-Orellana, et al., 2019).

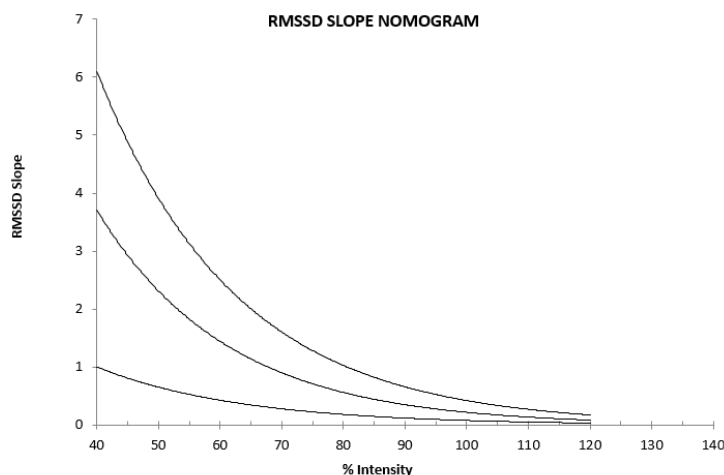


Figura 1. Nomograma de RMSSD-Slope. Tomado de Naranjo-Orellana et al. (2019).

## **Estudios relacionados**

El interés clínico de la VFC tiene sus primeras apariciones cuando Horn & Lee en 1965 observaron que el sufrimiento fetal era antecedido de variaciones en los intervalos de tiempo entre latidos, antes de algún cambio apreciable en la frecuencia cardíaca.

Posteriormente se realizó una investigación cuyo objetivo consistió en observar el patrón de la actividad del sistema nervioso autónomo donde se enfocaron en el estudio de los barorreceptores; en él se describe que la señal cardíaca en situación de reposo muestra fluctuaciones que se originan en el control térmico y de la presión arterial (Sayers, 1973). Después Wolf, Varigos, Hunt, & Sloman (1978) encontraron relación entre el alto riesgo de mortalidad luego de un infarto y la disminución de la VFC.

Akselrod et al., (1981) utilizando el análisis espectral de las fluctuaciones de la frecuencia cardíaca encontraron que esta recibe estímulos concretos por parte del sistema nervioso simpático y parasimpático.

Siguiendo con el estudio de la VFC en diferentes poblaciones se observó que en automovilistas principiantes una relación directa entre la fatiga por conducir una distancia larga y las alteraciones en la variabilidad de la frecuencia cardíaca. (Egelund, 1982).

Por otro lado, Ewing, Martyn , Young , & Clark (1985) encontraron que al monitorear la VFC en pacientes con diabetes funcionaba como indicador de la participación del sistema nervioso autónomo proporcionando un diagnostico ante cualquier anormalidad.

Pagani et al. (1986) examinaron las oscilaciones latido a latido que caracterizan la frecuencia cardíaca las cuales reflejan la interacción entre la actividad del sistema nervioso parasimpático y del simpático; en el mismo estudio determinan que los estudios invasivos y no invasivos proporcionaron resultados similares.

Posteriormente en Estados Unidos se estudió a pacientes sobrevivientes a un infarto agudo de miocardio en el cual se encontró que los sujetos que presentaban una desviación estándar de los intervalos R-R (SDRR) menor a 50ms tenían 4 veces más probabilidad de fallecer que aquellos con SDRR mayor a 100ms (Kleiger, Miller, Bigger Jr, & Moss, 1987).

Arai et al. (1989) analizaron la variabilidad de la frecuencia cardíaca durante e inmediatamente después de la actividad física utilizando los métodos de dominio de frecuencia, encontrando que, durante el ejercicio, la potencia de la frecuencia cardíaca en todas las frecuencias disminuyó rápida y progresivamente en sujetos normales y durante la recuperación, la potencia de la frecuencia cardíaca se redujo en sujetos normales, pero se mantuvo significativamente en la línea de base.

Uusitalo, Uusitalo, & Rusko, (1998) observaron que como respuestas al proceso de entrenamiento se presentan cambios en la modulación autónoma en los deportistas de resistencia, pero no encontraron diferencias significativas en los sujetos evaluados.

Por su parte Pigozzi et al. (2001) investigaron los efectos de un entrenamiento en la regulación autónoma del ritmo cardíaco en condiciones cotidianas, donde concluyeron que el entrenamiento puede inducir al aumento de la modulación simpática del nodo sinusal.

Lee, Wood, & Welsch (2003) realizaron un estudio a 24 hombres divididos en 2 grupos, donde uno se sometió a un entrenamiento de 2 semanas un total de 8 sesiones el observando el comportamiento de la VFC encontraron que un entrenamiento con esta duración aumenta la modulación vagal del corazón.

Gamelin, Berthoin, & Bosquet (2006) mencionan que la medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca es un instrumento muy utilizado en la esfera clínica ya que resulta sensible a cambios tanto fisiológicos como psicológicos y que en el entorno deportivo usualmente se utiliza para valorar la adaptación o la mala adaptación a las sesiones de entrenamiento por lo que es un instrumento que genera grandes expectativas para el mejoramiento en el control del rendimiento de los deportistas de alto rendimiento.

Atlaoui et al. (2007) estudiaron a un grupo de nadadores para conocer los cambios de la VFC que se presentan en entrenamientos intensos donde encontraron que existe relación entre los cambios de adrenalina/noradrenalina y el equilibrio de baja frecuencia/alta frecuencia.

Por otro lado, Medina-Corrales et al. (2012) en un estudio de variabilidad de la frecuencia cardíaca, utilizando métodos de dominio de tiempo y frecuencia, realizado a 4

grupos divididos en hombre deportistas, hombres activos, mujeres deportistas y mujeres activas, encontraron que a excepción de SDANN y PNN10 los atletas tanto del género masculino como femenino, presentan parámetros mayores que los sujetos activos.

Por otro lado en su estudio se analizaron los cambios de la VFC después de una competencia y la recuperación de la misma, en el que encontraron una disminución de la VFC al finalizar la competencia y después de dos horas de la misma (Hernández-Cruz, Rangel-Colmenero, García-Dávila, López-García, & Pérez-García, 2014)

Mas tarde en un estudio donde se buscaba evaluar la carga de entrenamiento, evaluaron a 11 sujetos, utilizando un pre y post registro de la RMSSD en condiciones de campo, se encontró que el cambio de la VFC durante el ejercicio y la fase de recuperación se ve afectada tanto por la intensidad como por el impacto fisiológico del ejercicio (Saboul, Balducci, Millet, Pialoux, & Hautier, 2016).

En cuanto a investigaciones enfocadas a la disciplina de bádminton se encuentra la realizada por Garrido-Esquivel et al., (2009) la cual se llevó a cabo en los XIV Campeonatos Panamericanos de bádminton, celebrados en Puerto Vallarta (Jalisco, México) en 2007, con un jugador que disputó un total de 4 partidos, arrojó resultados basales de la variable RMSSD de 32.69 ms, mientras que para SD1 fue de 39.7 ms y de 78.2 ms para SD2.

Considerando los parámetros establecidos por la Task Force, (1996) dónde se estudió a pacientes cardiópatas, se encontró que la VFC no solo va disminuyendo entre tomas, sino que también algunos parámetros de los estudiados mostraban valores que pueden ser consideraos como riesgo cardiovascular (Garrido-Esquivel et al., 2009).

Así mismo Garrido-Esquivel, De la Cruz-Torres, Medina-Corrales, Garrido-Salazar, & Naranjo-Orellana (2011) analizaron la VFC en reposo y después de ejecutar 3 partidos a 19 jugadores de bádminton, 11 mujeres y 8 hombres, todos pertenecientes a equipos nacionales juveniles nacionales, durante 2 o 3 días de competencia con el fin de valorar la fatiga almacenada y si se presentan diferencias entre sexo donde encontraron parámetros significativamente más bajos al finalizar los partidos de las medidas del dominio de tiempo, pero no se encontraron diferencias entre mujeres y hombres.



En cuanto a los parámetros basales para las mujeres encontraron valores de  $44.58 \pm 26.29$  ms en la variable RMSSD, mientras que para las variables SD1 y SD2 obtuvieron valores de  $50.20 \pm 26.90$  y  $103.57 \pm 35.08$  respectivamente. En el caso de los sujetos del género masculino, se encontraron valores para la variable RMSSD de  $34.99 \pm 13.68$  ms, mientras que en el caso de SD1 fueron de  $42.45 \pm 12.83$  y de  $112.06 \pm 32.88$  ms para el caso de SD2 (Garrido-Esquivel et al., 2011).

Por otro lado, Bisschoff, Coetzee, & Esco (2016) analizaron a 22 jugadores de bádminton africanos de elite donde se buscaba encontrar si la VFC y la recuperación de la frecuencia cardiaca están relacionadas con indicadores subjetivos de recuperación como dolor muscular, estado de hidratación, calidad y cantidad del sueño, así como estados de ánimo previos a la competencia. Se realizó el registro en un total de 46 encuentros tanto nacionales como internacionales, en los cuales se midió antes, durante, entre los periodos de descanso y al finalizar los partidos, en el cual encontraron que entre VFC, recuperación de la FC y los indicadores una correlación significativa durante los encuentros, fuerte mas no significativas en los registros pre y pospartido y una baja relación en los periodos de descanso.

Así mismo, existe un estudio realizado a un grupo de jugadores de bádminton, el cual se realizó a 22 sujetos del sexo masculino, cuyo objetivo consistía en saber si la VFC y la recuperación de la FC podrían servir como predictores del rendimiento de los jugadores. Encontraron que los valores del dominio de la frecuencia son predictores significativos para distinguir a los jugadores exitosos de los menos exitosos en un torneo. Para el caso de la recuperación de la FC, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de jugadores de bádminton exitosos y menos exitosos (Bisschoff et al., 2018).

## Metodología

### Diseño

La presente investigación de tipo cuantitativo se trata de un estudio de caso, no experimental y de corte longitudinal, debido a que se realizaron tomas en dos sujetos (una mujer y un hombre), durante sesiones de entrenamiento.

### Población y Muestra

Formaron parte de este estudio dos jugadores de bádminton de elite (una mujer y un hombre), en la tabla 7 se observan las características individuales de cada sujeto, se realizaron registros durante 13 y 10 sesiones de entrenamiento respectivamente.

Tabla 7  
*Características individuales por atleta.*

	Género	Edad (años)	Peso (kg)	Estatura (cm)
Sujeto 1	Femenino	22	57	159
Sujeto 2	Masculino	32	78	182

### Criterios de inclusión

- Jugadores de bádminton de alto rendimiento.
- Jugadores de bádminton clasificados para participar en los XVIII Juegos Panamericanos 2019 celebrados en Lima, Perú.
- Encontrarse en el estado de Nuevo León durante su preparación a los XVIII Juegos Panamericanos 2019 celebrados en Lima, Perú.

### Criterios de exclusión

- Estar en desacuerdo con el consentimiento informado.
- Presentar lesión un mes antes.
- Ser fumador.

- Haber consumido alcohol, cafeína, bebidas estimulantes, al menos 24 horas antes del control.
- Haber estado bajo tratamiento médico, con los siguientes medicamentos: atropina, fenilefrina ó betabloqueadores en 7 días previos.

### **Criterios de eliminación**

- Presentar lesión durante la intervención.
- Haber consumido alcohol, cafeína, bebidas estimulantes, al menos 24 horas antes del estudio.
- No cumplir con un mínimo de 10 registros.
- No cumplir con el registro total de las variables de estudio durante la duración del proyecto.

### **Variables**

- Dependientes: RMSSD-Slope, RMSSD5, índice de estrés (SS), SD1 y SD2.
- Independientes: Volumen, intensidad y carga total de entrenamiento.

### **Consideraciones éticas**

Los sujetos fueron previamente informados del procedimiento y dieron su consentimiento por escrito (Anexo 1) de acuerdo con la declaración de Helsinki (Mundial, 2019) para participar en el estudio.

A los sujetos se les proporciono un cuestionario clínico (Anexo 2) para asegurar que no estaban recibiendo tratamientos farmacológicos o que no padecían ninguna enfermedad cardiovascular que pudiera alterar los registros.

## **Instrumentos**

Para el registro de VFC y la determinación de las variables requeridas se utilizó el siguiente material:

- Hojas de consentimiento informado.
- Hojas de historial clínico.
- Ficha de control del sujeto (Anexo 3)
- Monitor de FC Polar V800 (Polar Inc., Kempele, Finland)
- Sensor torácico de FC Polar H7 (Polar Inc., Kempele, Finland)
- Escala de Borg 1-10
- Aplicación Polar Flow Sync (Versión 3.0.0.1337, Kempele, Finland)
- Software Kubios HRV Standard (Versión 3.2.0, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland).
- Microsoft Office Excel 365 ProPlus.

## **Procedimientos**

En el periodo de duración del estudio se solicitó a los sujetos abstenerse de consumir alcohol o productos con cafeína y antes de comenzar, se les proporcionó un cuestionario clínico para asegurar que no estaban recibiendo tratamientos farmacológicos o que no padecían ninguna enfermedad cardiovascular que pudiera alterar los registros. Los sujetos fueron previamente informados del procedimiento y dieron su consentimiento por escrito para participar en el estudio.

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Alto Rendimiento “Niños Héroes” perteneciente al Instituto Estatal de Cultura Física y Deporte, del Estado de Nuevo León, México.

Las mediciones pre-entrenamiento se realizaron en posición de sentado durante 5 minutos en un periodo comprendido del 22 de mayo al 10 de junio de 2019 completando un total de 5 registros en el caso de la mujer y 4 para el hombre.

En cuanto a las tomas posteriores al ejercicio se realizaron a partir del día 21 de mayo, finalizando el día 14 de junio de 2019, completando un total de 10 registros en el caso de la mujer y 13 en el caso del hombre.

Para el registro posterior, se dio la instrucción a los sujetos de sentarse inmediatamente después de finalizar el entrenamiento. Se realizaron las tomas dentro de los primeros 30 minutos de concluida la sesión de entrenamiento y descartando los primeros 5 minutos de recuperación por la pérdida de estabilidad en las series de tiempo debida al cambio entre el final del ejercicio y el inicio de la recuperación (Javorka et al., 2002).

Todas las mediciones se realizaron con un monitor de FC Polar V800 (Polar Inc., Kempele, Finland) con un sensor torácico de FC Polar H7 (Polar Inc., Kempele, Finland). Los intervalos RR se descargaron utilizando la aplicación Polar Flow Sync (Versión 3.0.0.1337, Kempele, Finland) para posteriormente ser analizados con el software Kubios HRV Standard (Versión 3.2.0, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland). Cada registro fue previamente inspeccionado para detectar la posible presencia de irregularidades o artefactos, aplicando el filtro correspondiente en caso de ser necesario.

En cada sesión de entrenamiento se registró el volumen total, expresado en minutos, y la FC media de la sesión para calcular la intensidad media de la misma como porcentaje de la FC<sub>máx</sub>. El producto de la intensidad por la duración se utilizó como valor de carga total de entrenamiento (Hayes & Quinn, 2009).

Igualmente, en cada sesión de entrenamiento se recogió el valor correspondiente de la escala de Borg 1-10 a la cual los sujetos fueron previamente familiarizados y se utilizó la RMSSD-Slope como indicador de carga interna de entrenamiento (Naranjo-Orellana et al., 2019).

Tabla 8  
*Registro de variables en sesiones de entrenamiento.*

Temporalidad	Variables de Registro
Pre-entrenamiento	Registro de intervalos RR durante 5 minutos
Entrenamiento	Volumen, intensidad, CTE, escala de Borg 1-10
Post-entrenamiento	Registro de intervalos RR durante 5 minutos

### **Análisis de variabilidad de la frecuencia cardiaca**

En todos los registros (pre y post entrenamiento), tras el análisis de las series temporales en Kubios (Versión 3.2.0, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland), se seleccionaron los datos correspondientes a RMSSD y gráfico de dispersión de Poincaré (SD1 y SD2). Con estos dos últimos datos se calculó el SS y la ratio S/PS, de acuerdo con el procedimiento propuesto por Naranjo-Orellana et al. (2015). Con el fin de disponer de un indicador de actividad simpática (SS), otro de actividad parasimpática (RMSSD) y la relación entre ambos sistemas (Ratio S/PS).

En el caso del registro posterior a la actividad se añadió el cálculo de la RMSSD-Slope. Para ello se utilizó el valor de RMSSD obtenido durante 5 minutos en los primeros 30 minutos de recuperación (RMSSD5) y se consideró un valor de RMSSD al final del ejercicio de 4 ms (Goldberger et al., 2006; Naranjo-Orellana et al., 2019). La pendiente se calculó como  $(RMSSD5 - 4) / t$ ; siendo t el tiempo de recuperación transcurrido desde el final de la sesión hasta el inicio del registro.

Para facilitar los cálculos de la pendiente se utilizó Microsoft Office Excel 365 ProPlus. Los valores obtenidos para la RMSSD-Slope se interpretaron de acuerdo a la propuesta realizada en relación a la intensidad (Naranjo-Orellana et al., 2019).

### **Análisis estadístico**

Se presentan los valores de todas las variables para cada sujeto, facilitando la media, desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV) de cada medida.

Se realizaron análisis gráficos para determinar el grado de correlación de Pearson con significancia menor de 0.05 entre RMSSD-Slope y las variables de volumen, intensidad y CTE. Lo mismo se realizó con la variable SS y por último entre el SS y la RMSSD-Slope.

Para estos cálculos se utilizó una hoja de cálculo de Excel de Microsoft Office 365 ProPlus.

## Resultados

Las tablas 9 y 10 muestran los datos de los registros pre-entrenamiento de ambos sujetos, especificando la fecha y hora de registro, los valores de RMSSD y gráfico de dispersión de Poincaré (SD1 y SD2) obtenidos tras el análisis de las series temporales en Kubios, el cálculo de SS y la ratio S/PS, así como la media, DE y CV de todos los registros para cada variable.

Tabla 9

*Registro reposo (pre-entrenamiento) Sujeto 1 (Mujer).*

Número de Sesión	Hora registro	RMSSD (ms)	SD1 (ms)	SD2 (ms)	SS (U.A.)	Ratio S/PS
2	10:15	48.15	34.29	61.70	16.21	0.47
5	10:45	69.34	49.43	104.60	9.56	0.19
6	10:44	40.65	29.22	93.80	10.66	0.36
7	10:46	42.72	30.67	118.47	8.44	0.28
8	10:44	33.33	24.06	121.52	8.23	0.34
	Media	46.84	33.53	100.02	10.62	0.33
	DE	13.65	9.62	24.14	3.27	0.10
	Coefficiente de variación	29%	29%	24%	31%	32%

RMSSD: Raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR; ms: milisegundo; SD1 y SD: diámetro transversal y longitudinal respectivamente correspondientes al gráfico de Poincaré; SS: índice de estrés; U.A: unidades arbitrarias; Ratio S/PS: relación entre actividad simpática y parasimpática; DE: desviación estándar.

Tabla 10

*Registro reposo (pre-entrenamiento) Sujeto 2 (Hombre).*

Número de Sesión	Hora registro	RMSSD (ms)	SD1 (ms)	SD2 (ms)	SS (U.A.)	Ratio S/PS
2	10:22	52.92	37.68	63.51	15.75	0.42
5	10:51	54.28	38.69	75.92	13.17	0.34
7	10:39	56.18	40.04	90.26	11.08	0.28
11	10:38	79.81	56.79	77.95	12.83	0.23
	Media	60.80	43.30	76.91	13.21	0.32
	DE	12.75	9.05	10.95	1.92	0.08
	Coefficiente de variación	21%	21%	14%	15%	26%

RMSSD: Raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR; ms: milisegundo; SD1 y SD: diámetro transversal y longitudinal respectivamente correspondientes al gráfico de Poincaré; SS: índice de estrés; U.A: unidades arbitrarias; Ratio S/PS: relación entre actividad simpática y parasimpática; DE: desviación estándar.



Las tablas 11 y 12 muestran los registros post-entrenamiento de ambos sujetos, en la que se expresan la FC media, el volumen total de la sesión expresado en minutos, la intensidad expresada en porcentaje, el valor de TL, la escala de Borg 1-10, la RMSSD5, el SS, la ratio S/PS, la RMSSD-Slope y la interpretación de la misma.

Tabla 11

*Registro post-entrenamiento. Sujeto 1(Mujer).*

No. de Sesión	FC media (lpm)	Volu men (min)	Intens idad (%)	CT E (U. A.)	Esc ala Bor g (U. A.)	RMS SD5 (ms)	SS (U. A.)	Rati o S/PS	RMS SD-Slope	Interpret ación RMSSD -Slope
1	117	35	61	21.3	8	28.29	17.4	0.86	1.52	A
2	140	70	73	51.1	6	46.72	13.2	0.40	4.27	MB
3	130	55	67	36.8	8	17.03	20.2	1.65	0.81	A
4	144	50	75	37.5	6	45.75	11.1	0.34	4.18	MB
5	103	30	53	15.9	8	20.35	16.5	1.12	1.02	A
6	108	35	56	19.6	8	33.73	12.3	0.51	2.97	MB
7	112	33	58	19.1	9	24.73	13.2	0.75	1.30	A
8	111	60	58	34.8	7	59.58	12.4	0.29	3.97	MB
9	132	30	69	20.7	9	18.16	15.5	1.19	0.89	A
10	112	50	58	29.0	6	40.10	12.5	0.44	3.01	MB

FC media: Frecuencia cardiaca media; lpm: latidos por minuto; U.A: unidades arbitrarias; CTE: carga total de entrenamiento; Escala de Borg: escala de percepción del esfuerzo 1-10; RMSSD5: raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR en ms, registrada en un periodo de 5 minutos; ms: milisegundo; SS: índice de estrés; Ratio S/PS: relación entre actividad simpática y parasimpática; RMSSD-Slope: pendiente de recuperación de la RMSSD; A: aceptable; MB: muy buena.

Tabla 12  
*Registro post-entrenamiento. Sujeto 2 (Hombre).*

No. de Sesión	FC media (lpm)	Volumen (min)	Intensidad (%)	CTE (U.A.)	Escala Borg (U.A.)	RMS SD5 (ms)	SS (U.A.)	Ratio S/PS	RMS SD-Slope	Interpretación RMSS D-Slope
1	132	35	71	24.8	8	9.19	54.0	8.22	0.52	A
2	139	70	75	52.5	7	33.1	16.2	0.69	1.94	MB
3		55	80	44.0	8	20.8	18.2	1.23	0.77	A
4	148	50	80	40.0	8	36.3	15.3	0.59	2.02	MB
5		30	80	24.0	8	8.55	27.5	4.49	0.46	A
6	111	35	60	21.0	8	16.7	19.7	1.64	0.56	A
7	126	33	68	22.4	9	8.46	33.0	5.43	0.45	A
8	135	50	73	36.5	6	48.6	10.6	0.31	4.47	MB
9	141	47	76	35.7	7	23.2	15.6	0.94	1.92	MB
10		33	70	23.1	7	56.1	12.3	0.31	5.21	MB
11	120	60	64	38.4	7	44.4	13.0	0.41	4.05	MB
12	128	30	69	20.7	8	8.33	27.1	4.53	0.43	A
13	115	50	62	31.0	6	45.3	14.2	0.44	4.13	MB

FC media: Frecuencia cardiaca media; lpm: latidos por minuto; U.A: unidades arbitrarias; CTE: carga total de entrenamiento; Escala de Borg: escala de percepción del esfuerzo 1-10; RMSSD5: raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR en ms, registrada en un periodo de 5 minutos; ms: milisegundo; SS: índice de estrés; Ratio S/PS: relación entre actividad simpática y parasimpática; RMSSD-Slope: pendiente de recuperación de la RMSSD.

Las figuras 2, 3 y 4 muestran el análisis gráfico para determinar el grado de correlación de la RMSSD-Slope, RMSSD5 y el SS respectivamente con las variables de volumen, intensidad y CTE, mostrando los valores de  $R^2$ .

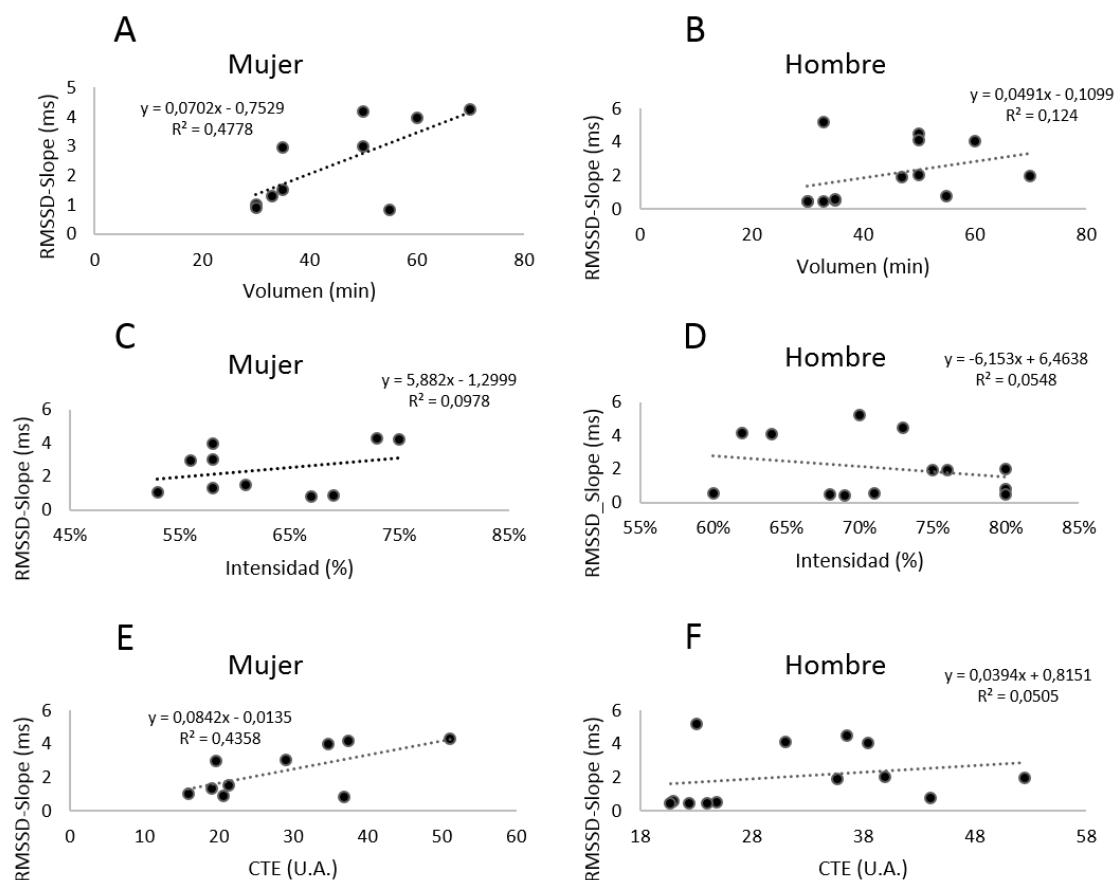


Figura 2. Relación lineal de los valores de la pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR en ms (RMSSD-Slope) con volumen de las sesiones expresado en minutos (A y B); intensidad expresada en porcentaje (C y D); carga total de entrenamiento (CTE) (E y F).

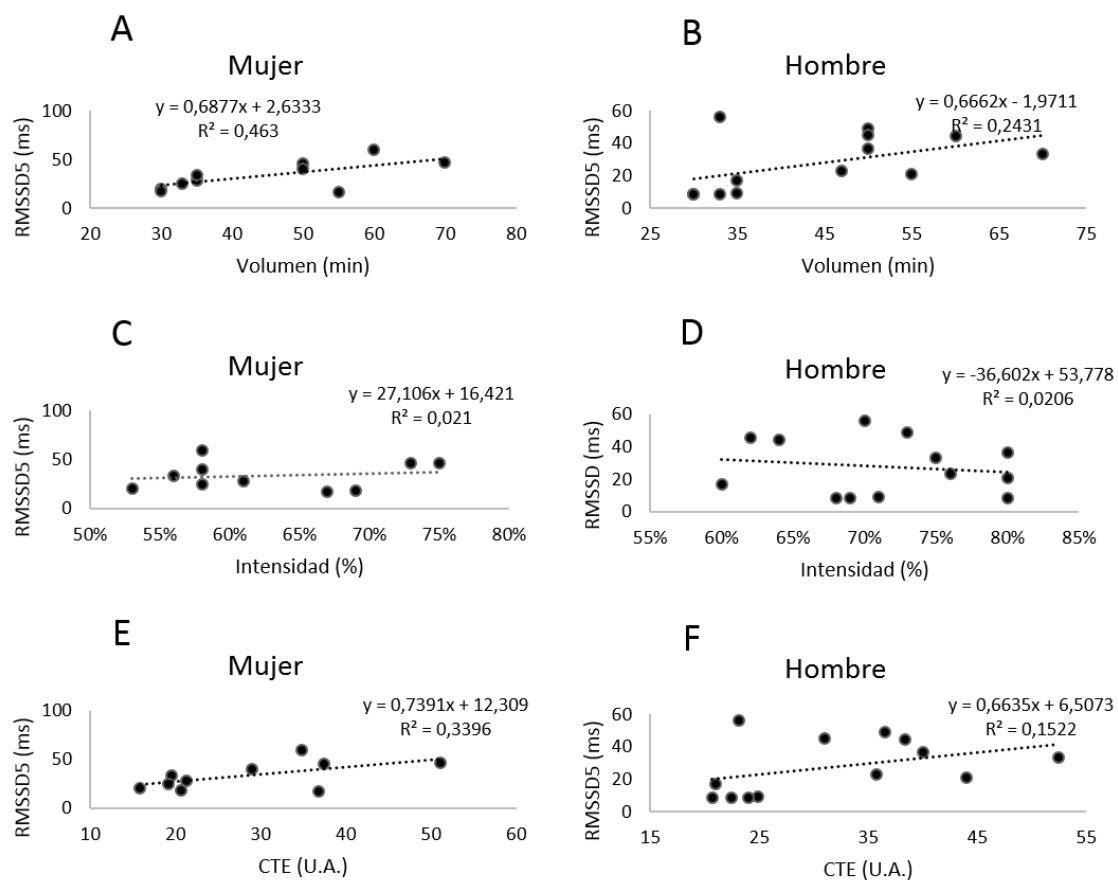


Figura 3. Relación lineal de los valores de la raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR en ms, registrados durante 5 minutos (RMSSD5) post-entrenamiento con volumen de las sesiones expresado en minutos (A y B); intensidad expresada en porcentajes (C y D); carga total de entrenamiento (CTE) (E y F).

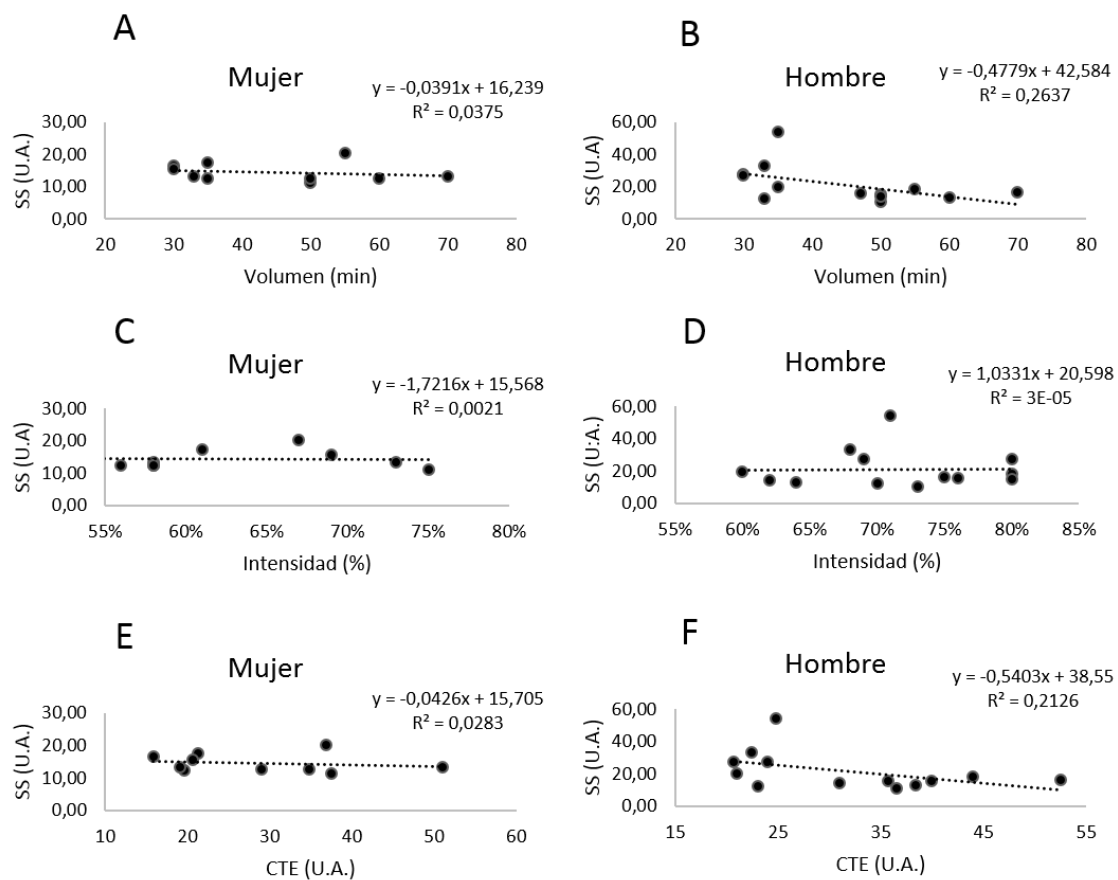


Figura 4. Relación lineal de los valores índice de estrés (SS) post-entrenamiento con volumen expresado en minutos (A y B); intensidad expresada en porcentaje (C y D); carga total de entrenamiento (CTE) (E y F).

La figura 5 refleja el análisis gráfico para determinar el grado de correlación entre RMSSD-Slope y el SS, mostrando los valores de  $R^2$ . Se observa que a mayor SS la RMSSD-Slope es más baja.

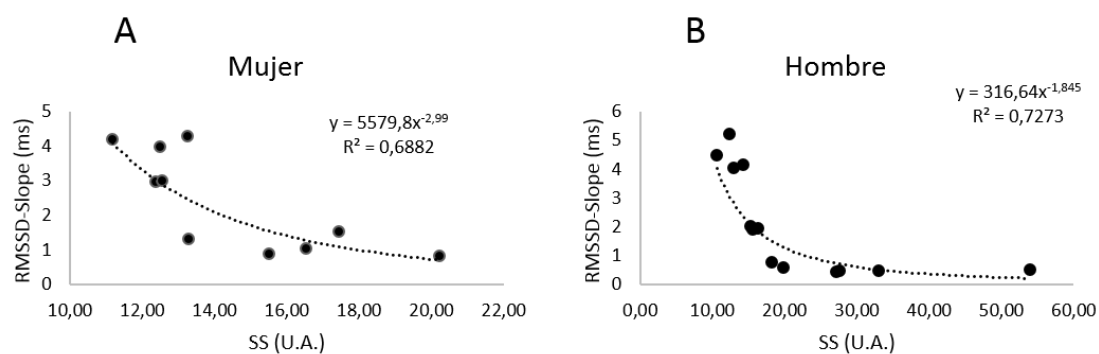


Figura 5. Relación potencial de los valores del índice de estrés (SS) post-entrenamiento con los valores de la pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR en ms (RMSSD-Slope).

La figura 6 muestra gráficamente los valores de la RMSSD y el SS post-entrenamiento en referencia a la media y la DE de los datos obtenidos para estas variables en los registros de reposo pre-entrenamiento.

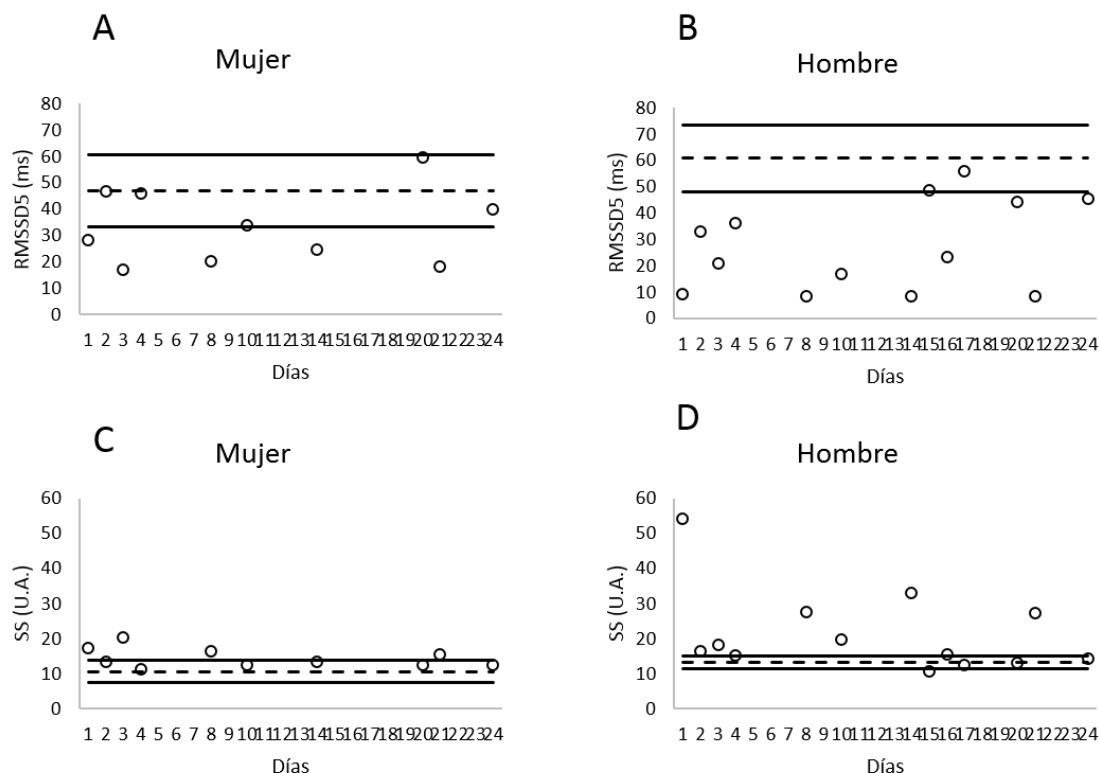


Figura 6. Valores de la raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias sucesivas de los intervalos RR en ms, registrados durante 5 minutos (RMSSD5) post-entrenamiento en referencia a la media y desviación estándar (DE) de los datos obtenidos de esta variable en los registros de reposo pre-entrenamiento (A y B). valores del índice de estrés (SS) post-entrenamiento en referencia a la media y DE de los datos obtenidos de esta variable en los registros de reposo pre-entrenamiento. (C y D).

## Discusiones

Los valores medios de la RMSSD descritos en las tablas 9 y 10 se ubican en los percentiles 10 (sujeto 1, mujer) y 50 (sujeto 2, hombre) de las tablas de referencia de Medina et al., (2012), los cuales contrastados con el estudio de Garrido-Esquivel et al., (2011) donde se evaluó a atletas en etapa juvenil, podemos observar que en el caso del grupo de las mujeres coinciden con los valores del sujeto 1 (mujer), sin embargo al observar el comportamiento de esta variable en el grupo de los hombres, encontramos que se encuentran dentro de los percentiles 5 y 10, mientras que en nuestro caso, el sujeto 2 (hombre) muestra valores más altos, esto podría hacer referencia al nivel deportivo de los sujetos evaluados.

Observando los valores medios del gráfico de dispersión de Poincaré, en el eje transversal (SD1), el sujeto 1 (mujer), presenta valores menores en comparación con el grupo de mujeres evaluadas por Garrido-Esquivel, et al., en 2011, las cuales se encuentran entre los percentiles 25 y 50 mientras que en nuestro caso la atleta esta entre los percentiles 5 y 10, por otro lado, con lo que respecta al eje longitudinal (SD2), el sujeto 1 (mujer) se encuentra en el percentil 25, mostrando valores similares con el estudio de Garrido-Esquivel et al., en 2011, esta diferencia observada en el eje SD1 sugiere mayor predominancia del SNS del sujeto evaluado.

El sujeto 2 (hombre) se encuentra en el percentil 50 para el caso de SD1 y en el 10 para el caso de SD2, mientras que el grupo de hombres observado por Garrido-Esquivel et al., en 2011 se encuentran en los percentiles 50 y 25 para los ejes SD1 y SD2 respectivamente. A diferencia del sujeto 1 (mujer), el sujeto 2 muestra mayor influencia parasimpática durante el registro basal. Lo cual nos puede indicar que existe una mejor recuperación de la VFC por parte del hombre.

Los coeficientes de variación observados (tablas 9 y 10) indican una alta variabilidad de las mediciones de cada día, lo que podría indicar las diferentes respuestas a las cargas de trabajo realizadas.

En la figura 2 se puede observar que no existe una buena relación lineal entre la RMSSD-Slope y las variables de entrenamiento (volumen, intensidad y carga total de entrenamiento). Lo mismo ocurre con la relación de la RMSSD5 y el SS con estas mismas



variables (figuras 3 y 4). Esta falta de relación iría en favor de que tanto la RMSSD-Slope como la RMSSD5 y el SS estén indicando carga interna, es decir, la respuesta individual a cada sesión de entrenamiento. Esta apreciación es importante porque en la literatura muchos artículos se centran en buscar correlaciones entre variables de carga externa y carga interna de entrenamiento (McLaren, y otros, 2018). Sin embargo, no sería razonable que esto suceda ya que precisamente el concepto de carga interna implica respuestas diferentes a las mismas cargas externas, por lo que no debiera haber una correlación entre ambas variables. Por ello, la RMSSD-Slope parece ser un buen indicador de carga interna al presentar diferentes valores para las mismas intensidades de esfuerzo (Naranjo y cols. 2019).

Si la RMSSD-Slope y el SS expresan de alguna manera la carga interna de entrenamiento, deberán hacerlo de forma inversa dado que el primero expresaría la respuesta del sistema parasimpático en la recuperación mientras que el segundo expresaría el impacto estresor producido por la carga de trabajo sobre el sistema simpático. De hecho, esto es lo que se observa en la figura 5.

En la figura 6 observamos el comportamiento de la RMSSD5 y el SS en cada sesión de entrenamiento en relación a los valores basales, expresados como media (línea discontinua) y DE (líneas continuas). De esta forma se puede observar cómo las diferentes sesiones de entrenamiento producen respuestas diferentes, encontrándose algunas que prácticamente no alteran los valores basales y otras que suponen una alteración mucho mayor. También puede observarse, por ejemplo, cómo en general las sesiones de trabajo suponen un impacto estresor mayor en el hombre que en la mujer.

Al tratarse de una nueva propuesta es necesario continuar con estudios de este tipo para así lograr un mejor control sobre la carga interna de entrenamiento de los deportistas; esta investigación sugiere un mejor entendimiento sobre la respuesta interna de los deportistas evaluados, sin embargo, es importante mencionar que al tratarse de un estudio de caso no se puede generalizar esta información, por lo que se recomienda realizar el estudio en un mayor número de sujetos.

La información obtenida durante este estudio aportó a los entrenadores y preparadores físicos de los atletas participantes información útil para el control necesario

durante de las sesiones de entrenamiento en un periodo previo a un torneo de talla internacional.

Este estudio de caso deja un abanico de posibilidades para nuevas propuestas de investigación, como sería el caso de un estudio durante torneos internacionales; una investigación con una población más grande; o conocer y establecer las diferencias entre hombres y mujeres.

## Conclusiones

Tras la realización del estudio, las principales conclusiones a las que se han llegado son:

1. La RMSSD-Slope parece ser un método preciso como indicador de carga interna de entrenamiento en los dos jugadores élite de bádminton, siendo buena herramienta de control sobre la respuesta individual de los atletas al estímulo al que son sometidos.
2. La utilización de la RMSSD-Slope resulta ser un método práctico, no invasivo y de manejo sencillo que puede ser utilizado por los preparadores físicos y entrenadores de la forma en que se ha hecho en este estudio.
3. La RMSSD-Slope no presenta una relación directa con factores de carga externa de entrenamiento tales como intensidad y volumen.

La principal limitación de este estudio fue, que se trata de un estudio de caso y que, por tanto, los hallazgos expresados no pueden generalizarse. Sin embargo, aportan una línea de trabajo interesante para continuar con muestras suficientes de sujetos.

## Referencias

- Abian, J., Castanedo, C., Abian, P., & Sampedro, J. (2013). Temporal and notational comparison of badminton matches between men's singles and women's singles. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13, 310-320.
- Abián, P. (2015). *Análisis de la estructura del juego y parámetros morfológicos y fisiológicos en bádminton (Tesis Doctoral)*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- Abian-Vicen, J., Castanedo, A., Abian, P., Gonzalez-Millan, C., Salinero, J., & Del Coso, J. (2014). Influence of successive badminton matches on muscle strength, power, and body-fluid balance in elite players. *International journal of sports physiology and performance*, 9(4), 689-694.
- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F. A., Shannon, D. C., Berger, A. C., & Cohen, R. J. (1981). Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*, 213(4504), 220-222.
- Arai, Y., Saul, J. P., Albrecht, P., Hartley, L. H., Lilly, L. S., Cohen, R. J., & Colucci, W. S. (1989). Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 256(1), H132-H141.
- Atlaoui, D., Pichot, V., Lacoste, L., Barale, F., Lacour, J. R., & Chatard, J. C. (2007). Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers. *International journal of sports medicine*, 28(05), 394-400. <https://doi:10.1055/s-2006-924490>.
- Banister, E., & Calvert, T. (1980). Planning for future performance: implications for long term training. Canadian journal of applied sport sciences. *Journal canadien des sciences appliquees au sport*, 5(3), 170-176.
- Bankosz, Z., Nawara, H., & Ociepa, M. (2013). Assessment of simple reaction time in badminton players. *Trends in Sport Sciences*, 1(20), 54-61.

- Bisschoff, C. A., Coetzee, B., & Esco, M. R. (2018). Heart rate variability and recovery as predictors of elite, African, male badminton players' performance levels. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(1), 1-16. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1437868>.
- Bisschoff, C., Coetzee, B., & Esco, M. (2016). Relationship between autonomic markers of heart rate and subjective indicators of recovery status in male, elite badminton players. *Journal of sports science & medicine*, 15(4), 658-669.
- Blood, J. D., Wu, J., Chaplin, T. M., Hommer, R., Vazquez, L., Rutherford, H. J., . . . Crowley, M. (2015). The variable heart: High frequency and very low frequency correlates of depressive symptoms in children and adolescents. *Journal of affective disorders*, 186, 119-126. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jad.2015.06.057>.
- Bompa, T. O. (2016). *Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento*. Editorial Hispano Europea.
- Borg, G. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine*, 39(9), 779-795.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Gabbett, T., Coutts, A., . . . Cable, N. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-161. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208>.
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in physiology*, 5, 73, 1-19. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>.
- Capdevila, L., Rodas, G., Ocaña, M., Parrado, E., Pintanel, M., & Valero, M. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de salud en el deporte: validación con un cuestionario de calidad de vida. *Apunts Medicina de L'Esport* 43, 62-69.

- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Bordon, C., & Manzi, V. (2011). Effect of training intensity distribution on aerobic fitness variables in elite soccer players: a case study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 66-71.
- Chu Duc , H., Nguyen Phan, K., & Nguyen Viet, D. (2013). A review of heart rate variability and its applications. *APCBEE procedia*, 7, 80-85. [https://doi: 10.1016/j.apcbee.2013.08.016](https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2013.08.016).
- Daanen, H. A., Lamberts, R. P., Kallen, V. L., Jin, A., & Van Meeteren, N. L. (2012). A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 7(3), 251-260.
- De la Cruz-Torres, B., & Sarabia-Cachadiña, E. (2013). La Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca en la valoración del rendimiento. En J. Naranjo, A. Santalla, & P. Manonelles, *Valoración del rendimiento del deportista en el laboratorio* (págs. 462-492). España: Esmon Publicidad.
- De la Cruz-Torres, B., López-López, C., & Naranjo-Orellana, J. (2008). Analysis of heart rate variability at rest and during aerobic exercise. A study in healthy people and cardiac patients. *J Sports Med.* 42(9), 715-20. [https://doi:10.1136/bjism.2007.043646](https://doi.org/10.1136/bjism.2007.043646).
- De la Cruz-Torres, B., López-López, C., & Naranjo-Orellana, J. (2008). Analysis of heart rate variability at rest and during aerobic exercise. A study in healthy people and cardiac patients. *J Sports Med.* 42(9), 715-20. [https://doi:10.1136/bjism.2007.043646](https://doi.org/10.1136/bjism.2007.043646).
- Egelund, N. (1982). Spectral analysis of heart rate variability as an indicator of driver fatigue. *Ergonomics*, 25(7), 663-672. <https://dx.doi.org/10.1080/00140138208925026>.
- Ewing, D. J., Martyn , C. N., Young , R. J., & Clark, B. F. (1985). The value of cardiovascular autonomic function tests: 10 years experience in diabetes. *Diabetes care*, 8(5), 491-498.

- Fortes, L. S., Ferreira, M., Paes, S. T., Costa, M. C., Lima-Júnior, D. R., Costa, E. C., & Cyrino, E. S. (2019). Effect of Resistance Training Volume on Heart Rate Variability in Young Adults. *Isokinetics and Exercise Science*, 27, 69-77.
- Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and science in sports and exercise*, 30, 1164-1168.
- Foster, C., Florhaug, J., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L., Parker, S., . . . Christopher, D. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 109-115.
- Gallo Villegas, J. A., Farbiarz Farbiarz, J., & Alvarez Montoya, D. L. (1999). Análisis espectral de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. *Iatreia*, 12(2), 94.
- Gamelin, F. X., Berthoin, S., & Bosquet, L. (2006). Validity of the polar S810 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(5), 887. <https://doi:10.1249/01.mss.0000218135.79476.9c>.
- García-Gómez, R. G., López-Jaramillo, P., & Tomaz, C. (2007). Papel del sistema nervioso autónomo en la relación entre depresión y enfermedad cardiovascular. *Revista de neurología*, 44(4), 225-233.
- García-González, M. A., Fernández-Chimeno, M., Capdevila, L., Parrado, E., & Ramos-Castro, J. (2013). An application of fractional differintegration to heart rate variability time series. *Computer methods and programs in biomedicine*, 111(1), 33-40.
- Garrido-Esquivel, A. (2009). *Análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca y sus modificaciones con la acumulación de partidos en jugadores de bádminton de máximo nivel (Tesis Doctoral)*. Universidad Pablo De Olavide Sevilla, Sevilla.
- Garrido-Esquivel, A., De la Cruz-Torees, B., Medina-Corrales, M., Garrido-Salazar, M., & Naranjo-Orellana, J. (2009). Variabilidad de la frecuencia cardiaca en un deportista juvenil durante una competición de bádminton. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 70-74. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323327658006>.

- Garrido-Esquivel, A., De la Cruz-Torres, B., Medina-Corrales, M., Garrido-Salazar, M., & Naranjo-Orellana, J. (2009). Variabilidad de la frecuencia cardiaca en un deportista juvenil durante una competición de bádminton. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 70-74. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323327658006>.
- Garrido-Esquivel, A., De la Cruz-Torres, B., Medina-Corrales, M., Garrido-Salazar, M., & Naranjo-Orellana, J. (2011). Heart rate variability after three badminton matches. Are there gender differences. *Archivos de Medicina del deporte*, 28(144), 257-264.
- Goldberger, J. J., Le, F. K., Lahiri, M., Kannankeril, P. J., Ng, J., & Kadish, A. H. (2006). Assessment of Parasympathetic Reactivation after Exercise. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* 290, H2446-H2452. <https://doi:10.1152/ajpheart.01118.2005>.
- Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., & Chamari, K. (2017). Session-RPE method for training load monitoring: validity, ecological usefulness, and influencing factors. *Frontiers in neuroscience*, 11, 612., 1-14, <https://doi:10.3389/fnins.2017.00612>.
- Hamm, C. W., & Willems, S. (2010). El electrocardiograma: su interpretación práctica. Médica Panamericana.
- Hautala, A. J., Kiviniemi, A. M., & Tulppo, M. P. (2009). Individual responses to aerobic exercise: the role of the autonomic nervous system. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(2), 107-115. <https://doi:10.1016/j.neubiorev.2008.04.009>.
- Hayes, P., & Quinn, M. (2009). A mathematical model for quantifying training. *European journal of applied physiology*, 106(6), 839-847.
- Hernández-Cruz, G. G., Rangel-Colmenero, B., García-Dávila, M., López-García, R., & Pérez-García, J. (2014). Heart rate variability changes on volleyball players after a competition. *Journal of Strength & Conditioning Research*. En prensa, 192.



- Horn, E. H., & Lee, S. T. (1965). Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death: further observation. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, 87, 824-826. .
- Javorka, M., Žila, I., Balhárek, T., & Javorka, K. (2002). Heart Rate Recovery after Exercise: Relations to Heart Rate Variability and Coplexity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 35, 991-1000.
- Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., & Tulppo, M. P. (2007). Endurance Training Guided Individually by Daily Heart Rate Variability Measurements. *European Journal of Applied Physiology*, 101, 743-751. <https://doi:10.1007/s00421-007-0552-2>.
- Kleiger, R. E., Miller, J. P., Bigger Jr, J. T., & Moss, A. J. (1987). Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *The American journal of cardiology*, 59(4), 256-262.
- Lee, C., Wood, R., & Welsch, M. (2003). Influence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(6), 961-969. <https://doi:10.1249/01.MSS.0000069410.56710.DA>.
- Lucini, D., Vigo, C., Tosi, F., Toninelli, G., Badilini, F., & Pagani, M. (2014). Assessing autonomic response to repeated bouts of exercise below and above respiratory threshold: insight from dynamic analysis of RR variability. *European journal of applied physiology*, 114(6), 1269-1279. <https://doi:10.1007/s00421-014-2858-1>.
- Luft, C., Takase, E., & Darby, D. (2009). Heart rate variability and cognitive function: Effects of physical effort. *Biological psychology*, 82(2), 186-191. <https://doi:10.1016/j.biopsycho.2009.07.007>.
- Malik, M. (1993). Components of heart rate variability-what they really mean and what we really measure. *Am J Cardiol*, 72, 821-822.
- Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F., D'ottavi, S., & Castagna, C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 41(11), 2090-2096.

- Martinmäki, K., & Rusko, H. (2008). Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. *European journal of applied physiology*, 102(3), 353-360. <https://doi:10.1007/s00421-007-0594-5>.
- McDonald, K. G., Grote, S., & Shoepe, T. C. (2014). Effect of training mode on post-exercise heart rate recovery of trained cyclists. *Journal of human kinetics*, 41(1), 43-49. <https://doi:10.2478/hukin-2014-0031>.
- McLaren, S., Macpherson, T., Coutts, A., Hurst, C., Spears, I., & Weston, M. (2018). The relationships between internal and external measures of training load and intensity in team sports: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(3), 641-658. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0830-z>.
- Medina-Corrales, M., De la Cruz-Torres, B., Garrido-Esquivel, A., Garrido-Salazar, M., & Naranjo-Orellana, J. (2012). Normal Values of Heart Rate Variability at Rest in a Young, Healthy and Active Mexican Population. *Health*, 4 (7), 377-385. <https://dx.doi.org/10.4236/health.2012.47060>.
- Melanson, E. L., & Freedson, P. S. (2001). The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. *European journal of applied physiology*, 85(5), 442-449. <https://doi:10.1007/s004210100479>.
- Michael, S., Graham, K. S., & Davis, G. M. (2017). Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals—a review. *Frontiers in physiology*, 8, 32, 1-19. <https://doi:10.3389/fphys.2017.00301>.
- Moreno Sánchez, J., Parrado Romero, E., & Capdevila Ortís, L. (2013). Variabilidad de la frecuencia cardíaca y perfiles psicofisiológicos en deportes de equipo de alto rendimiento. *Revista de Psicología del Deporte* 22(2), 345-352.
- Mujika, I. (2017). Quantification of training and competition loads in endurance sports: methods and applications. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-9.

- Mundial, A. M. (2019). *Declaración de Helsinki de la AMM-Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*. Finlandia: Asamblea Médica Mundial.
- Naranjo-Orellana, J. (2018). *Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca. Fundamentos y aplicaciones a la actividad física y el deporte*. Sevilla: Fénix Editora.
- Naranjo-Orellana, J., De la Cruz-Torres, B., Sarabia-Cachadiña, E., De Hoyo, M., & Domínguez-Cobo, S. (2015). Two new indexes for the assessment of autonomic balance in elite soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 10(4), 452-457. <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2014-0235>.
- Naranjo-Orellana, J., Nieto-Jiménez, C., & Ruso-Álvarez, J. (2019). Recovery Slope of Heart Rate Variability as an Indicator of Internal Training Load. *Health*, 11, 211-221. <https://doi.org/10.4236/health.2019.112019>.
- Naranjo-Orellana, J., Santalla-Hernández, A., & Manonelles-Marqueta, P. (2013). Valoración del rendimiento del deportista en el laboratorio. En & P. Hernández. Barcelona: Esmon Publicidad S.A.
- Navarro, X. (2002). Fisiología del sistema nervioso autónomo. *Revista Neurológica*, 35(6), 553-562.
- Ortigosa, J., Reigal, R., Carranque, G., & Hernández-Mendo, A. (2018). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: investigación y aplicaciones prácticas para el control de los procesos adaptativos en el deporte. *Revista iberoamericana de psicología del ejercicio y el deporte*, 13(1), 121-130.
- Pagani, M., Lombardi, F., Guzzetti, S., Rimoldi, O., Furlan, R., Pizzinelli, P., . . . Piccaluga, E. (1986). Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circulation research*, 59(2), 178-193. <https://doi: 10.1161/01.RES.59.2.178>.
- Parekh, A., & Lee, C. M. (2005). Heart rate variability after isocaloric exercise bouts of different intensities. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(4), 599-605.
- Pérez, I. (2016). Métodos de cuantificación de la carga de entrenamiento en deportes de resistencia cíclica. *Búsqueda*, 3(16), 53-63.

- Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2015). The Science of Badminton: Game Characteristics, Anthropometry, Physiology, Visual Fitness and Biomechanics. *Sports Medicine*, 45(4), 473-495. [https://doi: 10.1007/s40279-014-0287-2](https://doi.org/10.1007/s40279-014-0287-2).
- Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J. M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P., . . . Barthélémy, J. C. (2000). Relation between Heart Rate Variability and Training Load in Middle-Distance Runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1729-1736.
- Pigozzi, F., Alabiso, A., Parisi, A., Di Salvo, V., Di Luigi, L., Spataro, A., & Lellamo, F. (2001). Effects of aerobic exercise training on 24 hr profile of heart rate variability in female athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 41, 101-7.
- Pumprla, J., Howorka, K., Groves, D., Chester, M., & Nolan, J. (2002). Functional assessment of heart rate variability: physiological basic and practical applications. *Int J Cardiol*, 1-14.
- Ruso-Álvarez, J. F., Nieto-Jiménez, C., Muñoz-López, A., & Naranjo-Orellana, J. (2019). Utility of the “RMSSD-Slope” to Assess the Internal Load in Different Sports Situations. *Health*, 11, 683-691. [https://doi: 10.4236/health.2019.116057](https://doi.org/10.4236/health.2019.116057).
- Saboul, D., Balducci, P., Millet, G., Pialoux, V., & Hautier, C. (2016). A pilot study on quantification of training load: The use of HRV in training practice. *European journal of sport science*, 16(2), 172-181. [https://doi:10.1080/17461391.2015.1004373](https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1004373).
- Sarabia-Cachadiña, E., De-la-Cruz-Torres, B., & Naranjo-Orellana, J. (2012). Estudio comparativo de los perfiles semanales de creatin kinasa, urea y variabilidad de la frecuencia cardiaca en remeros de élite españoles. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte* 19(152), 952-958.
- Sayers, B. M. (1973). Analysis of heart rate variability. *Ergonomics*, 16(1), 17-32. <https://dx.doi.org/10.1080/00140137308924479>.
- Snell, R. S. (2007). Neuroanatomía clínica. Ed. Médica Panamericana.

- Tanaka, H., Monahan, K., & Seals, D. (2001). Age-predicted Maximal Heart Rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology* 37 (1), 153-156.
- Tarvainen, M. P., Niskanen, J. P., Lipponen, J. A., Ranta-Aho, P. O., & Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV–heart rate variability analysis software. *Computer methods and programs in biomedicine*, 113(1), 210-220. <https://dx.doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.07.024>.
- Task Force. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354–381.
- Task Force. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354–381.
- Tulppo, M., Hautala, A., Makikallio, T., Laukkanen, R., Nissila, S., Hughson, R., & Huikuri, H. (2003). Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sedentary subjects. *Journal of Applied Physiology* 95(1), 364-372. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00751.2002>.
- Tulppo, M., Makikallio, T., Takala, T., Seppanen, T., & Huikuri, H. (1996). Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *American journal of physiology-heart and circulatory physiology*, 271(1), H244-H252.
- Uusitalo, A., Uusitalo, A., & Rusko, H. (1998). Exhaustive endurance training for 6-9 weeks did not induce changes in intrinsic heart rate and cardiac autonomic modulation in female athletes. *International journal of sports medicine*, 19(08), 5, 5.
- Wolf, M. M., Varigos, G. A., Hunt, D., & Sloman, J. (1978). Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. *Medical Journal of Australia*, 2(2), 52-53.
- Woo, M. A., Stevenson, W. G., Moser, D. K., Trelease, R. B., & Harper, R. M. (1992). Patterns of beat-to-beat heart rate variability in advanced heart failure. *American heart journal*, 123(3), 704-710.

## **Anexos**

### **ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN.**

TÍTULO DEL PROTOCOLO: PENDIENTE DE RECUPERACIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN JUGADORES DE BÁDMINTON

Investigador principal: Lic. Mariela Flores Cruz

Sede donde se realizará el estudio: Monterrey, Nuevo León. México.

Nombre del participante: \_\_\_\_\_

A usted se le está invitando a participar en este estudio de investigación médica. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

#### **JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.**

Obtención del Título de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento Deportivo

#### **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

A usted se le está invitando a participar en un estudio de investigación que tiene como objetivos: Comprobar el funcionamiento de la pendiente de recuperación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en jugadores de bádminton como indicador individual de carga interna y Presentar a los entrenadores y preparadores físicos una herramienta de manejo sencillo de cuantificación de carga interna.

#### **BENEFICIO DEL ESTUDIO**

Aportar a los entrenadores información útil y más certera sobre la respuesta individual de los atletas de la carga interna de entrenamiento durante las sesiones, optimizando de esta manera el proceso de planificación.

#### PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO

En caso de aceptar participar en el estudio se le realizarán algunas preguntas sobre usted, sus hábitos físico-deportivos y sus antecedentes médicos. Se les monitoreará la VFC durante 5 minutos en posición sentado previo y posterior al entrenamiento.

#### RIESGOS ASOCIADOS CON EL ESTUDIO

Por ser una técnica no invasiva no tiene ninguna consecuencia.

#### ACLARACIONES

- Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria.
- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.
- Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, - aun cuando el investigador responsable no se lo solicite-, informando las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.
- No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio.
- No recibirá pago por su participación.
- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.
- La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada sujeto, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.
- En caso de que usted desarrolle algún efecto adverso secundario no previsto, tiene derecho a una indemnización, siempre que estos efectos sean consecuencia de su participación en el estudio.
- Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado anexa a este documento.

## CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, \_\_\_\_\_ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

_____	_____
Firma del participante	Fecha

_____	_____
Testigo	Fecha

_____	_____
Testigo	Fecha

Esta parte debe ser completada por el Investigador (o su representante):

He explicado al Sr(a). \_\_\_\_\_ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

_____	_____
Firma del investigador	Fecha



## ANEXO 2. CUESTIONARIO DE HISTORIAL MÉDICO

Nombre(s):	Apellidos:	
Fecha de nacimiento:	Sexo:	Teléfono:
Domicilio:		
Mail:	Teléfono:	
Médico de cabecera:		

1.      ¿Cuándo se sometió por última vez a una revisión médica?
  
2.      ¿Sufre de alguna enfermedad grave o crónica?
  
3.      ¿Ha sufrido de sobreentrenamiento? ¿Hace cuánto?
  
4.      ¿Últimamente ha tenido alguna lesión muscular? ¿Hace cuánto?

Marcar con una cruz si padeces o has padecido alguna enfermedad de las que a continuación se mencionan. O si algún familiar padece o ha padecido (colocar parentesco).

### SISTEMA CARDIOVASCULAR:

1. Hipertensión.    SI            NO
2. Colesterol.    SI            NO
3. Infarto de miocardio.    SI            NO
4. Desmayos/Vértigos.    SI            NO
5. Angina de Pecho.    SI            NO

6. Soplo Cardíaco. SI NO

7. Arterioesclerosis. SI NO

SISTEMA PULMONAR:

1. Asma. SI NO

2. Bronquitis. SI NO

3. Disnea Nocturna. SI NO

4. Asma Inducida por el Ejercicio Físico. SI NO

5. Falta de respiración durante el Ejercicio Moderado. SI NO

SISTEMA METABÓLICO:

1. Diabetes. SI NO

2. Obesidad SI NO

3. Intolerancia a la Glucosa SI NO

4. Edema en las Articulaciones SI NO

Declaro haber contestado honestamente a todas las preguntas.

---

Firma del participante

---

Fecha

### ANEXO 3. FICHA DE CONTROL DEL SUJETO

Fecha Medición: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Estatura (cm): \_\_\_\_\_ Peso (kg): \_\_\_\_\_ IMC: \_\_\_\_\_

Estudios: \_\_\_\_\_ ¿Actualmente trabajas? SI ó NO en donde: \_\_\_\_\_

Estado civil: \_\_\_\_\_

#### HISTORIAL DEPORTIVO

Deporte: \_\_\_\_\_ Posición-especialidad: \_\_\_\_\_

Antigüedad de práctica deportiva: \_\_\_\_\_

Frecuencia de entrenamientos por semana: \_\_\_\_\_ Horas de entrenamiento por día: \_\_\_\_\_

Horario de entrenamiento: \_\_\_\_\_ Lugar: \_\_\_\_\_

Frecuencia de participación en torneos: \_\_\_\_\_

Mejor lugar obtenido en competencia: \_\_\_\_\_


COLOCAR SI Ó NO EN CADA RECUADRO. SI ES SI, FAVOR DE PONER A QUE HORA


	Alcohol	Cafeína	Nicotina	Medicamentos (atropina, fenilefrina, betabloqueadores)
¿24 horas antes de la prueba he ingerido....?				

¿Habitualmente, cuantas horas duerme? ¿Cuántas horas durmió la noche antes del registro?

¿Cuál fue el último alimento ingerido antes del registro y que tiempo ha transcurrido?

## Evaluación de la práctica


**UANL**  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LÉON

  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

**Dirección de Servicio Social y Prácticas Profesionales**  
 Evaluación de Desempeño de Prácticas Profesionales

RC-07-072  
 Rev: 00-09/10  
 V-01-10-2010

**Datos del alumno**

Matrícula:	1980931
Nombre del Alumno:	Mariela Flores Cruz
Facultad:	Facultad de Organización Deportiva
Carrera:	Maestría en Actividad Física y Deporte - ARD

**Datos de la Empresa:**

Empresa/Institución:	Optimiza, Desempeño deportivo
Departamento/Área:	Evaluación y Control del desempeño deportivo

**Evaluación**

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Asistencia	✓			
Conducta	✓			
Puntualidad	✓			
Iniciativa	✓			
Colaboración	✓			
Comunicación	✓			
Habilidad	✓			
Resultados	✓			
Conocimiento profesional de su carrera	✓			

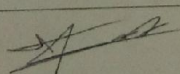
**Observaciones:**  


---

---


---

---

  
Alberto García Esquivel  
 Nombre y firma del jefe inmediato

Director  
 Puesto del jefe inmediato

Sello de la institución/dependencia

  
Visión 2020 UANL

Ciudad Universitaria, C.P. 66451  
 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México  
 Tel: (81) 13 40 44 59 / 13 42 44 51 / Fax: (844)  
 13424451 / 13424452



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

## Evaluación de Desempeño de la Práctica

### Datos del alumno:

Matrícula:	1980931
Nombre del Alumno:	Mariela Flores Cruz
Programa educativo:	Maestría en Actividad Física y Deporte
Orientación:	Alto Rendimiento Deportivo

### Datos de la Empresa:

Empresa/Institución:	Optimiza, desempeño deportivo
Departamento/Área:	

### Evaluación

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Asistencia	X			
Conducta	X			
Puntualidad	X			
Iniciativa	X			
Colaboración	X			
Comunicación	X			
Habilidad	X			
Resultados	X			
Conocimiento profesional de su carrera	X			

Observaciones:

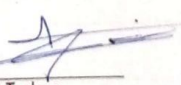
---

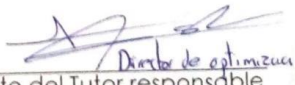


---



---

  
 Nombre y firma del Tutor  
 responsable de la práctica

  
 Puesto del Tutor responsable  
 de la práctica



**Visión**  
**2020**  
**UANL**  
 "Educación de clase mundial,  
 un compromiso social"

Sello de la institución/dependencia

Avenida Universidad s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66455  
 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México  
 Tels: (81) 13.40.44.50 13.40.44.51  
 fod@uanl.mx / www.fod.uanl.mx

## **Resumen Autobiográfico**

L.C.E.F. MARIELA FLORES CRUZ

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte con  
Orientación en Alto Rendimiento Deportivo

Tesina: Pendiente de recuperación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en  
jugadores de bádminton

Campo temático: Entrenamiento, variabilidad de la frecuencia cardiaca, carga interna

Lugar y fecha de nacimiento: Toluca, México, 30 de agosto de 1991

Lugar de residencia: General Escobedo, Nuevo León, México

Procedencia académica: Licenciatura en Ciencias del Ejercicio Físico, Instituto  
Tecnológico de Sonora

Experiencia Propedéutica y/o Profesional:

-Profesor de asignatura de nuevas tecnologías aplicadas a la actividad física y deporte,  
metrología deportiva y deportes de conjunto para la licenciatura de Cultura Física y  
Deporte de la Universidad Autónoma del Estado de México (2016-2018).

-Prácticas profesionales en Optimizaa, Desempeño Deportivo, apoyando en actividades  
relacionadas a preparación física, evaluación y control de rendimiento.

-Estancia Académica internacional en el Área de Educación Física y Deportiva del  
Departamento de Deporte e Informática de la Universidad Pablo de Olavide bajo la  
dirección del Dr. José Naranjo Orellana durante el periodo comprendido del 14/10/19 al  
15/11/2019 en Sevilla, España.

E-mail: mariela\_flg@hotmail.com; mariela.floresc@uanl.edu.mx